ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 9 DÉCEMBRE 1953.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur EMMANUEL LECLAINCHE (1861-1953),

par M. GASTON RAMON.

L'une des personnalités les plus éminentes de la Médecine vétérinaire française et mondiale vient de disparaître.

EMMANUEL LECLAINCHE n'est plus. Il s'est éteint le 26 novembre dernier, dans sa 93e année.

Il appartenait à l'Académie des Sciences depuis 1911 comme Correspondant d'abord puis, depuis 1917, comme Membre titulaire, succédant en cette qualité, dans la Section d'Économie rurale, à Jean-Baptiste Chauveau. Il en avait été le Président en 1937. Il en était le doyen d'âge.

Il appartenait, en outre et depuis longtemps, à l'Académie Vétérinaire, à l'Académie de Chirurgie, à l'Académie d'Agriculture, à l'Académie des Sciences coloniales et à de nombreuses autres Sociétés savantes françaises et étrangères.

Né le 29 août 1861, à Piney dans le département de l'Aube, Emmanuel Leclainche après de solides études primaires et secondaires est entré dans une École Vétérinaire non par vocation mais, comme il l'a dit lui-même, contraint et forcé, parce que les ressources de sa famille étant à peu près inexistantes, il lui fallait choisir une carrière dans laquelle il pourrait, pour s'y lancer, escompter la bienveillance et la sollicitude des Pouvoirs publics.

Il fut diplômé de l'École Vétérinaire d'Alfort en 1882.

Il exerça tout d'abord la médecine vétérinaire, durant trois années, dans son département d'origine. Cependant il était attiré par l'enseignement et avait un goût marqué pour la recherche documentaire et pour la recherche scientifique. Un concours s'étant présenté à Alfort pour un poste de répétiteur devenu vacant, il s'y prépare et, en 1886, quatre ans

après avoir quitté l'École, il y revient comme répétiteur de la chaire de Pathologie médicale et clinique.

Dans cette chaire où il ne dispose d'aucun moyen lui permettant de se livrer à l'expérimentation, il exerce son activité dans les deux domaines qui lui sont accessibles : celui de l'observation clinique et celui de la recherche documentaire. Il fait ainsi pendant cette période une ample moisson d'observations et de documents divers qu'il utilise pour des publications dans les journaux vétérinaires ou agricoles de l'époque et pour la rédaction de nombreux articles du Dictionnaire de médecine vétérinaire de Henri Bouley et Reynal. Il clôt la première phase de sa carrière en rédigeant un *Précis de Pathologie Vétérinaire* (1891). Dans ce traité s'affirment déjà ses qualités de rédacteur scientifique et d'écrivain.

On était, alors, en plein développement des découvertes microbiologiques et le Professeur Nocard avait créé, à Alfort, un foyer d'où rayonnaient les doctrines et les méthodes de Pasteur.

Le jeune répétiteur Leclainche devenu Chef des travaux s'était placé dès qu'il l'avait pu, sous l'égide de Nocard. C'est par lui qu'il fut introduit dans la Maison de Pasteur et qu'il fut présenté à Émile Roux, le plus éminent des pastoriens dont il devint plus tard le confident et l'ami : « Émile Roux — a écrit Leclainche — a été pour moi l'ancien et le grand maître. Je lui vouai une amitié qui ne disparut qu'avec lui et je ne puis évoquer sans trouble nos entretiens, lorsque chaque semaine, à partir de 1917, au retour de l'Académie des Sciences, il me confiait sa pensée, aimant à rappeler les souvenirs du passé, les enthousiasmes de la grande époque. »

Emmanuel Leclainche était l'un des derniers survivants de cette grande époque, de ceux qui avaient connu Pasteur. Il avait fréquenté l'Institut Pasteur dès sa fondation en 1888. Roux l'avait appelé plus tard au Conseil d'administration du grand établissement. Il en fut pendant longtemps, le Vice-Président.

Sous des auspices tels que ceux de Nocard et de Roux allait s'ouvrir la carrière scientifique proprement dite de Leclainche qui, nommé en 1891 Professeur des maladies infectieuses à l'École Vétérinaire de Toulouse, tourne ses efforts vers l'étude de ces maladies.

Grâce à sa connaissance des langues étrangères, Emmanuel Leclainche se tient au courant des travaux qui paraissent, de toutes parts, sur la microbiologie. De concert avec Nocard, il entreprend d'écrire un *Traité des Maladies microbiennes des animaux*. Cette tâche considérable fut remplie en quatre années à peine ce qui tient du prodige. En 1895, l'ouvrage de Nocard et Leclainche est publié. Il se distingue par la richesse et l'exactitude des documents et par la clarté de l'exposition. L'apparition de ce traité fut, d'après Émile Roux, un événement scientifique.

Cependant, pour tenir au courant les travailleurs de laboratoire, les techniciens sanitaires et les vétérinaires praticiens de l'évolution d'une science aussi active que la microbiologie et progressant aussi rapidement, Emmanuel Leclainche a voulu mettre à leur portée, dès qu'elles viennent au jour, les publications sur les maladies infectieuses des animaux et pour cela il fonde, en 1903, la *Revue générale de Médecine Vétérinaire* qui renferme non seulement l'analyse des travaux français et étrangers mais aussi des revues critiques et des mémoires originaux. Pendant plus de trente ans, cette Revue va instruire plusieurs générations de vétérinaires, des progrès de la science microbiologique, de l'hygiène et de la police sanitaire des animaux.

Parallèlement à cette œuvre documentaire si précieuse pour tous, Leclainche entreprend, dès son arrivée à Toulouse, des recherches personnelles.

Il se préoccupe tout d'abord d'améliorer la méthode pastorienne de vaccination contre le rouget du porc. On s'était aperçu que si l'on vaccine en milieu infecté au moyen du virus-vaccin de Pasteur, il n'est pas rare de voir succomber au rouget un certain nombre d'animaux dans les jours qui suivent l'opération. Après avoir étudié, en même temps que Lorentz en Allemagne, un sérum antirouget, Leclainche établit un procédé de sérovaccination du rouget du porc qui permettait d'éteindre la maladie dans les foyers où elle sévit, de réduire et même de supprimer les accidents de vaccination provoqués par le virus-vaccin pastorien.

Après le rouget du porc, c'est contre la gangrène gazeuse qu'il dirige ses recherches. Il immunise des animaux en leur injectant graduellement des sérosités septiques ou des cultures pures du vibrion septique de Pasteur, l'un des agents de la gangrène gazeuse. Il constate que le sérum ainsi obtenu, mélangé au vibrion, en détruit les propriétés nocives et que les animaux qui reçoivent du sérum, préventivement, résistent à l'action du microbe. Le sérum peut même guérir les cas de gangrène gazeuse à marche lente. Plus tard, à la veille même de la guerre 1914-1918 et pendant cette guerre, mettant à profit ses premiers travaux sur le sérum antivibrion septique, Leclainche avec la collaboration de Henri Vallée prépare un sérum polyvalent dirigé à la fois contre les microbes habituels de la suppuration : staphylocoques, streptocoques, etc., et contre certains germes de la gangrène gazeuse, notamment le vibrion septique et le *Perfringens*. Ce sérum a été largement employé dans la chirurgie de guerre non seulement dans le traitement local des plaies et des infections consécutives, mais aussi dans la thérapeutique générale des complications septiques des plaies très infectées.

Les recherches sur le vibrion septique devaient être également une préparation excellente à celles que Leclainche a poursuivies avec Vallée

sur le charbon symptomatique des ruminants dû au *Bacterium Chauvoei*, qui est très proche du vibrion septique. Après une longue série de recherches, Leclainche et Vallée mettent définitivement au point une méthode de vaccination basée sur le principe des vaccins anatoxiques et anavirulents.

Emmanuel Leclainche a, en outre, effectué divers travaux en particulier sur la morve, sur les tuberculoses animales, sur la fièvre aphteuse, etc.

Vingt années d'enseignement et de recherches documentaires et expérimentales, à l'École vétérinaire de Toulouse, lui avaient permis d'acquérir une conception nette de la police sanitaire de ces maladies et de l'organisation rationnelle des Services Vétérinaires avec une direction technique compétente, responsable de l'impulsion et de l'orientation à donner à la lutte contre les épizooties. C'est pour réaliser une telle conception et les réformes nécessaires qu'il avait réclamées à de nombreuses reprises, que la direction de ces Services au Ministère de l'Agriculture lui est offerte en 1911. Il ne peut se dérober, mais l'accession à ce nouveau poste le prive de son laboratoire de Toulouse. L'attribution qui lui est faite ultérieurement, en 1913, de la co-direction avec Vallée du Laboratoire de Recherches créé en 1900 à Alfort par Edmond Nocard et Émile Roux, va heureusement compenser cette perte et lui permettre de poursuivre ses travaux pendant un certain nombre d'années.

C'est sous sa direction administrative et technique au Ministère de l'Agriculture et grâce à ses interventions qui triomphèrent des difficultés rencontrées, grâce aussi au concours précieux de ceux qui étaient à ses côtés ou qui lui succédèrent, notamment les Inspecteurs Généraux Nicolas, Drouin, etc., qu'ont été conçues et réalisées, soit immédiatement, soit dans la suite, toute une série de réformes, de créations, de législations dont la très grande importance ne saurait échapper : Doctorat vétérinaire; Agrégation des Écoles Vétérinaires, assimilation, sur le plan financier, des cadres de l'enseignement vétérinaire aux cadres de l'enseignement supérieur universitaire; réorganisation des Services sanitaires vétérinaires; promulgation de lois et règlements sur la prophylaxie de la tuberculose bovine, sur l'inspection de la salubrité des viandes, etc., sans omettre la reconstruction de l'École vétérinaire de Toulouse qui devait recevoir une autre affectation au début de la IIe guerre mondiale et qui, au grand désespoir de notre confrère, n'est pas revenue à sa destination première.

Tout en assumant simultanément ces tâches qui eussent été écrasantes pour tout autre que lui, Emmanuel Leclainche prend l'initiative de la fondation, en 1924, de l'Office international des Épizooties, qu'il va diriger pendant un quart de siècle. Ses rapports annuels sur la situation sanitaire mondiale, ses études sur la prophylaxie des épizooties et l'édification d'une police sanitaire moderne basée sur la constitution d'effectifs sains, sont des modèles où fourmillent d'intéressantes idées et suggestions que

leur dispensateur offre à la méditation de tous les techniciens préoccupés de la lutte, sur le plan international, contre les maladies contagieuses qui déciment plus ou moins les cheptels de leur pays.

Et pour couronner une carrière déjà bien remplie, Emmanuel Leclainche va entreprendre de donner suite à un projet caressé depuis des années : celui d'écrire une *Histoire de la Médecine Vétérinaire* pour l'édification de laquelle, il avait accumulé de très nombreux documents. Ce magnifique et important ouvrage paraît en 1936. C'est la première fois, peut-on dire, qu'a été offerte aux milieux professionnels du monde entier, une histoire générale complète où sont retracées les péripéties de l'art vétérinaire, depuis ses très lointaines origines jusqu'à la création par Cl. Bourgelat, en 1763, de l'Enseignement vétérinaire et jusqu'aux temps présents.

Pour réaliser cette œuvre magistrale, à la fois d'analyse et de synthèse, Emmanuel Leclainche s'est comporté en véritable historien qui sait choisir parmi les matériaux entassés et interpréter avec toute la sérénité et l'indépendance d'esprit désirables, ceux qu'il a retenus.

Rédigé en une forme impeccable, cet ouvrage où s'affirment le beau talent d'écrivain de son auteur, la limpidité et le dynamisme de sa pensée, la hauteur de ses vues, le ton personnel et la vigueur de son style, est un monument impérissable élevé en l'honneur de la médecine vétérinaire de tous les pays. Il est vraiment le couronnement d'un édifice solidement bâti par un homme admirablement organisé, à l'esprit largement ouvert non seulement aux disciplines médicales qu'il a cultivées avec un rare bonheur, mais aussi aux disciplines littéraires, historiques et philosophiques.

Emmanuel Leclainche fut un enseigneur brillant aussi bien dans les leçons sur les maladies infectieuses qu'il professa pendant vingt années à Toulouse que dans les Conférences qu'il eut à donner, durant sa carrière, et dans ses interventions à quelque tribune que ce fût. Il captivait son auditoire par sa haute culture, par son esprit clair, par un raisonnement à la logique duquel il mêlait parfois le paradoxe. Dans les conversations particulières, il était d'un commerce attrayant, il faisait preuve d'une vaste érudition; il aimait à raconter des anecdotes sur les hommes qu'il avait fréquentés, sur les personnages qu'il avait côtoyés pendant sa longue vie, il ne négligeait pas, le cas échéant, l'ironie qu'il accompagnait de traits mordants.

Il avait le sens de l'autorité, que ce fût à l'École Vétérinaire de Toulouse où il avait la réputation d'un maître exigeant pour ses élèves, mais où à la vérité, il alliait la bienveillance à la sévérité, que ce fût au Ministère de l'Agriculture, à la direction des Services Vétérinaires où il a exercé pendant de nombreuses années, dans toute sa plénitude, avec toutes les responsabilités qu'elle comporte, l'autorité qui lui était dévolue ou qu'il

prenait : « Je plains, a-t-il écrit, les chefs qui ne sont pas des autoritaires et je plains plus encore leurs subordonnés. »

Tous ceux qui l'ont connu, tous ceux qui l'ont vu ici se souviendront toujours de sa silhouette trapue, puissante, de son abord aimable mais qu'il savait rendre, selon les circonstances, plus distant. Notre regretté confrère était très assidu aux séances de l'Académie; il n'en manquait pour ainsi dire pas une, même pendant les vacances. Il arrivait un peu avant 15 heures donnant ainsi l'exemple de la ponctualité.

Son caractère était à l'image de son physique. Tout dans ses manières, dans la façon dont il se comportait dans les discussions, indiquait une personnalité forte et rude faite pour l'action et pour le combat.

Emmanuel Leclainche a lutté durant toute sa vie.

Il a lutté âprement dès son enfance, dès sa jeunesse, pour se frayer sa voie, pour satisfaire ses aspirations, ses goûts.

Il a lutté, à l'âge mûr, dans ses fonctions de Chef des Services Vétérinaires, au Ministère de l'Agriculture, pour imposer ses vues même aux Ministres qui se succédaient alors que lui demeurait et dont finalement il se faisait des amis.

Il a lutté pour briser, le mot n'est pas trop fort, les obstacles qui se dressaient devant lui et pour confondre ses contradicteurs, ses adversaires, ayant vis-à-vis d'eux des réactions parfois vives.

Il a lutté contre l'adversité qui s'est abattue sur lui, après la perte d'une compagne admirable qui s'apprêtait à jouer auprès de lui, le rôle d'Antigone. Se représente-t-on la cruauté du sort qui l'a atteint, le plongeant peu à peu dans la nuit la plus complète, lui, le chercheur, l'intellectuel qui avait passé sa vie à observer, à lire, à écrire. Cependant il ne s'avouait pas vaincu et il s'efforçait de nourrir encore son esprit en venant ici chaque lundi et en écoutant, à son poste de radio, des Conférences de Science, de Philosophie, d'Histoire dont il aimait à entretenir ensuite ceux qui l'entouraient et à en discuter avec eux.

Seule la mort contre laquelle il a lutté pendant des semaines, tout en l'appelant à certains moments, au plus fort de ses souffrances, oui la mort seule pouvait abattre un tel homme, pouvait anéantir à tout jamais sa volonté et l'autorité qu'il avait acquise après tant de luttes, après tant de difficultés vaincues, après tant de succès remportés. Cependant ses œuvres restent, qu'il a édifiées grâce à ses dons innés, à sa vive intelligence, à son labeur opiniâtre; elles perpétueront la mémoire de celui qui fut un savant, un lettré, un remarquable administrateur, qui fut un grand serviteur de son pays, de la Science et de la Médecine Vétérinaire ainsi que de la collectivité humaine.

Au nom de l'Académie des Sciences, nous adressons nos condoléances

émues à la famille de notre très regretté Confrère et plus particulièrement à son fils, le Docteur Xavier Leclainche, Directeur général de l'Assistance publique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Une bis-orthoquinone anthracénique : la diphényl-*9.10 *anthradiquinone-*1.2.5.6. *Observations sur les quinones polycycliques à carbonyles éloignés.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Jean Salmon.**

Trois modes de passage de l'anthradiol-2.6 à la bis-orthoquinone-1.2.5.6. Il ne paraît pas y avoir conjugaison entre les résonances des deux groupes de carbonyles au travers du squelette anthracénique. Il en est déduit des conclusions sur la stabilité des monoquinones anthracéniques inconnues de types ana(1-5) et amphi (2-6) et sur celles des quinones polynucléaires à grands écartements des carbonyles.

a. Toutes les diquinones décrites jusqu'ici en série anthracénique portent en méso deux de leurs quatre carbonyles. Ayant obtenu [1] [2] à partir de l'anthradiol-2.6, VI, l'hydroxy-6 diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, IV, nous n'avons pas manqué d'essayer de créer sur ce corps une deuxième fonction quinonique ortho, symétrique de la première, en réitérant sur l'hydroxyle en 6 les opérations qui nous avaient permis de passer de l'hydroxyle en 2 à la première fonction orthoquinonique.

L'azoïque V ($C_{32}H_{20}O_3N_2$), F_{inst} 292-293°, résultant d'une copulation effectuée sur l'hydroxyquinone IV, est réduit (zinc et acide chlorydrique) en l'aminoanthradiol correspondant. Ce corps n'a pas été isolé, mais, oxydé tel quel par le chlorure ferrique, il a fourni la diquinone cherchée, la diphényl-9.10 anthradiquinone-1.2.5.6 ($C_{26}H_{14}O_4$), III, cristaux pourpres, F_{inst} 372-373°. La même diquinone s'obtient encore, à partir du bis(phénylazo)-1.5 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène [2], VII, selon la même méthode, par réduction en diaminoanthradiol VIII, puis réoxydation immédiate.

Contrairement à l'acétylamino-1 hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracéne [2] qui donnait directement la monoquinone par oxydation, le bis(acétylamino)-1.5 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène IX, [2] est oxydé (anhydride chromique ou mieux tétracétate de plomb) en un dérivé iminé de la diquinone, la bis(acétylimine)-1-5 de la diphényl-9.10 anthradiquinone-1.2.5.6 ($C_{30}H_{20}O_4N_2$), X, F_{inst} 322-323°. Celle-ci, hydrolysée par l'acide acétique aqueux, donne la diquinone III, ainsi atteinte par un troisième procédé.

La double fonction quinone a été caractérisée par passage aux dérivés suivants : la bis-quinoxaline ($C_{38}H_{22}N_4$), XI, $F_{inst.}$ 406-407° qui est une bis-

---

(*) Séance du 23 novembre 1953.

(1) A. Étienne et J. Salmon, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 70.

(2) A. Étienne et J. Salmon, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 244.

phénazine ; la bis-hydroquinone ou tétraphénol, XII, non isolée car très autoxydable, donnant des solutions jaunes à fluorescence verte en solvants organiques et violettes en alcalis aqueux ; et enfin, l'éther tétraméthylique, ($C_{30}H_{26}O_4$), XIII, de cette bis-hydroquinone, le tétraméthoxy-1.2.5.6 diphényl-9.10 anthracène, cristaux jaunes, $F_{inst.}$ 252-253°.

b. Ayant en mains cette diquinone, il nous a semblé que nous pouvions nous en servir pour attaquer par voie détournée la question de l'obtention des monoquinones anthracéniques de types ana (1-5), I, et amphi (2-6), II, sur lesquelles ni nous-mêmes, ni d'autres, n'ont obtenu de lumières par la voie directe, si ce n'est l'échec des tentatives de préparation, indice de structures peu stables.

IV : R = H
V : R = N=N—C_6H_5

VI : R = H
VII : R = N=N-C_6H_5
VIII : R = NH_2
IX : R = NHAc

XII : R = H XIII : R = CH_3

Notre anthradiquinone, en effet, si elle est réellement une bis-orthoquinone, peut aussi bien être considérée comme une bis-quinone de types simultanément ana (1-5), I, et amphi (2-6), II. A ce titre, une interaction par résonance aurait dû exister entre les deux groupes de carbonyles. Or, il n'en est rien, cependant, comme le laissaient déjà supposer les conditions de formation, la création de la deuxième fonction quinone n'étant nullement facilitée par la présence de la première. Mais les spectres ultraviolet et visible sont très catégoriques à cet égard car ils ne révèlent qu'un assez modeste effet bathochrome dû à l'introduction de la deuxième fonction quinone. En somme les deux paires de carbonyles sont à peu près indépendantes l'une de l'autre.

Cette constatation manifeste qu'une résonance entre carbonyles quinoniques ne s'établit pas au travers du système anthracénique et que, par suite, les quinones des types ana (1-5) et amphi (2-6) doivent, *a priori*, être peu stables. En fait, on ne connaît de quinones d'aucune de ces deux sortes en série anthracénique et les essais, non relatés ici, que nous avons faits nous-mêmes ont été vains pour en obtenir en série mésodiphénylée.

Déjà en série naphtalénique il est bien connu que les quinones binucléaires (ana, amphi et cata) sont moins faciles à obtenir que les mononucléaires (ortho et para), les quinones ana et cata étant même inconnues à ce jour. L'exemple de l'anthracène semble indiquer qu'un plus grand écartement des carbonyles diminue encore la résonance entre eux, donc la stabilité de la quinone polynucléaire comparée à celle de son hydroquinone, l'anthradiol correspondant.

On est alors étonné de trouver une grande stabilité chez d'autres quinones polynucléaires à larges écartements des carbonyles, comme dans les pyrènequinones XVIII et XIX, les pérylènequinones et, plus encore, les péropyrènequinones, et bien d'autres qu'il est superflu d'énumérer. Dans ces séries, c'est la quinone qui est la forme stable, au point d'être utilisée comme colorant parfois ultrasolide (violanthrones, etc.), tandis que l'hydroquinone est la forme fragile, exigeant des précautions spéciales pour sa préparation et sa conservation.

Nous expliquons ce passage d'un extrême à l'autre par des considérations de résonance analogues à celles que Branch et Calvin ([3]) ont appliquées à un problème connexe, qui est l'expression du potentiel d'oxydoréduction du système quinone-hydroquinone. Il suffit de noter que les quinones peu stables, de types ana, amphi, cata, ou leurs équivalents en séries polynucléaires, n'admettent qu'une seule formule électromère kekuléenne. Ces quinones-là sont, au premier chef, celles qui dérivent d'annellations simples, c'est-à-dire par mise en commun d'un seul côté, annellations que l'on pourrait appeler « monolatérales » : naphtalène, anthracène (I et II), phénanthrène, etc. Les quinones stables, au contraire, admettent plusieurs formules électromères, signe d'un effet de résonance accentué. Les unes, à structures polynucléaires condensées, doivent leur solidité à des annellations par mise en commun de deux ou trois côtés, annellations que l'on pourrait appeler « multilatérales », XVIII ou XIX par exemple, et qui permettent des réarrangements électroniques entre les deux carbonyles. D'autres, à annellations linéaires (ou monolatérales), doivent leur résistance à une résonance extérieure au système quinonique, une résonance par encadrement ; ainsi la stabilité croît de la paraquinone XIV à son benzodérivé, la naphtalènequinone-α, XV, et surtout à son dibenzodérivé, l'anthraquinone, XVI. Encore plus caractéristique est la comparaison de la benzoquinone ortho, corps fort peu stable, avec la naphtalènequinone-β et

([3]) G. E. K. Branch et M. Calvin, *The Theory of Organic Chemistry*, Prentice Hall Inc. New-York, 1941, p. 305.

surtout avec la phénanthrènequinone. On arrive même à stabiliser le dispositif quinonique ana en l'encadrant par deux benzos, la naphtacènequinone-dia ([4]), XVII, quinone très stable, n'étant rien d'autre que la dibenzonaphtalènequinone-ana ([5]).

Cette relation décisive entre la stabilité des quinones et la multiplicité de leurs formules électromères ressort avec évidence du cas des pyrènequinones : les quinones 3-8, XVIII, et 3-10, XIX, qui admettent chacune trois formules électromères kekuléennes (XVIII, par exemple), sont stables et s'obtiennent avec une extrême facilité; au contraire la pyrènequinone symétrique 4-9, XX, n'admet qu'une seule formule et n'a pas encore pu être isolée. Un raisonnement analogue vaudrait pour les péropyrènequinones et d'autres : la confrontation avec les faits observés aboutirait au même résultat.

Ainsi la relocalisation rigide des doublets d'électrons π, qu'impliquent certaines structures quinoniques, détruit l'effet de stabilisation de la délocalisation aromatique propre aux hydroquinones et fait obstacle au passage de celles-ci aux quinones correspondantes, comme on le constate expérimentalement.

Il y a là, très probablement, autre chose qu'une simple coïncidence de formules.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions hypergéométriques.* Note (*) de M. **Niels Erik Nørlund**.

Considérons l'équation différentielle hypergéométrique

$$(1)\qquad (\mathfrak{S}-\gamma_1)(\mathfrak{S}-\gamma_2)\ldots(\mathfrak{S}-\gamma_n)y - z(\mathfrak{S}+\alpha_1)(\mathfrak{S}+\alpha_2)\ldots(\mathfrak{S}+\alpha_n)y = 0,$$

où $\mathfrak{S}y = z(dy/dz)$. Posons $\beta = n - 1 - \sum_{s=1}^{n}(\alpha_s+\gamma_s)$ et supposons, pour abréger, que β ne soit pas un entier ou nul. L'équation (1) admet une solution de la forme $(1-z)^\beta\xi(z)$, où $\xi(z)$ est holomorphe au point $z=1$ et $\xi(1)=1$. Cette solution est déterminée de manière unique, et H. Mellin ([1]) a démontré qu'elle satisfait à l'équation intégrale

$$(2)\qquad \int_0^1 z^{x-1}(1-z)^\beta\xi(z)\,dz = \Gamma(\beta+1)\prod_{s=1}^{n}\frac{\Gamma(x+\gamma_s)}{\Gamma(x-\alpha_s+1)}$$

pourvu que $\mathfrak{R}(\beta) > -1$, et $\mathfrak{R}(x+\gamma_s) > 0$, $s = 1, 2, \ldots, n$. De même on

---

([4]) Ch. Dufraisse et J. Houpillart, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 756.

([5]) E. Clar, *Aromatische Kohlenwasserstoffe*, Springer Verlag, 2e édit. 1952, p. 236.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

([1]) *Acta math.*, **9**, 1887, p. 147; *Acta soc. scient. fennicae*, **21**, 1896, p. 83.

aura

$$(3)\qquad \int_1^{\infty} z^{x-1}(z-1)^{\beta}\xi(z)\,dz = \Gamma(\beta+1)\prod_{s=1}^{n}\frac{\Gamma(\alpha_s-x)}{\Gamma(1-\gamma_s-x)}$$

pourvu que $\mathfrak{R}(\beta) > -1$ et $\mathfrak{R}(x-\alpha_s) < 0$, $s=1, 2, \ldots, n$. Dans l'intégrale (2) $\arg z = \arg(1-z) = 0$, et dans l'intégrale (3), $\arg z = \arg(z-1) = 0$. En résolvant l'équation (2) par rapport à $\xi(z)$ à l'aide de l'intégrale de Fourier, on trouvera pour $0 < z < 1$,

$$(4)\qquad (1-z)^{\beta}\xi(z) = \frac{\Gamma(\beta+1)}{2\pi i}\int_{\varkappa-i\infty}^{\varkappa+i\infty} z^{-x}\prod_{s=1}^{n}\frac{\Gamma(x+\gamma_s)}{\Gamma(x-\alpha_s+1)}\,dx$$

où $\varkappa$ doit être choisi de manière que $\mathfrak{R}(\varkappa+\gamma_s) > 0$, $s=1, 2, \ldots, n$. De l'équation (3) on déduit pour $z > 1$

$$(5)\qquad (z-1)^{\beta}\xi(z) = \frac{\Gamma(\beta+1)}{2\pi i}\int_{\varkappa-i\infty}^{\varkappa+i\infty} z^{-x}\prod_{s=1}^{n}\frac{\Gamma(\alpha_s-x)}{\Gamma(1-\gamma_s-x)}\,dx,$$

où $\varkappa < \mathfrak{R}(\alpha_s)$, $s=1, 2, \ldots, n$. Ces deux expressions de la solution non holomorphe au point $z=1$ sont assez commodes, mais elles ont l'inconvénient d'être seulement valables dans les deux intervalles indiqués. Si $z > 1$ l'intégrale (4) est égale à zéro et, de même, l'intégrale (5) est nulle si $0 < z < 1$. Pour les valeurs non positives de z les deux intégrales divergent. Mais nous allons indiquer une autre expression qui subsiste dans un domaine plus étendu. Supposons pour un moment que $\mathfrak{R}(\beta) > -1$ et $\mathfrak{R}(\alpha_i+\gamma_j) > 0$, $i, j = 1, 2, \ldots, n$. En combinant les équations (4) et (5) on trouvera pour $z > 0$ et $z \gtrless 1$

$$(6)\qquad (z-1)^{\beta}\xi(z) = \frac{\Gamma(\beta+1)}{2\pi i}\int_{\varkappa-i\infty}^{\varkappa+i\infty} z^{-x}p(x)\prod_{s=1}^{n}\frac{\Gamma(\alpha_s-x)}{\Gamma(1-\gamma_s-x)}\,dx,$$

où $p(x)$ désigne la fonction périodique

$$p(x) = 1 + e^{\pm\pi i\beta}\prod_{s=1}^{n}\frac{\sin\pi(x+1-\alpha_s)}{\sin\pi(x+\gamma_s)}.$$

Traçons une coupure de zéro à *un* sur l'axe réel du plan des z. En prenant dans $p(x)$ le signe supérieur (inférieur), l'équation (6) est valable sur le bord supérieur (inférieur) de la coupure en exceptant le point $z=1$; [si $\mathfrak{R}(\beta) > 0$ l'équation est également vraie pour $z=1$]. Mais grâce à la fonction périodique $p(x)$ l'intégrale (6) converge et représente le prolongement analytique de la fonction au premier membre dans l'angle $0 \leqq \arg z < 2\pi$, si l'on prend le signe supérieur dans $p(x)$, et dans l'angle $0 \geqq \arg z > 2\pi$, si l'on prend le signe inférieur en exceptant les points $z=0$ et $z=1$. Dans l'intégrale (6) la fonction sous le signe admet pour pôles les points $\alpha_s+\nu$ et $-\gamma_s-\nu$ ($\nu = 0, 1, 2, \ldots$) et

le chemin d'intégration a été choisi de manière à laisser les pôles $\alpha_s + \nu$ à droite et les pôles $-\gamma_s - \nu$ à gauche. En faisant varier les α_s et les γ_s l'équation (6) subsiste si l'on déforme le chemin rectiligne de manière que les points $\alpha_s + \nu$ restent à droite et les points $-\gamma_s - \nu$ à gauche du chemin.

La condition $\mathfrak{R}(\beta) > -1$ a été introduite pour assurer la convergence de l'intégrale (6) pour $z > 0$ et $z \gtrless 1$. Mais si l'on se borne à considérer l'angle $0 < \arg z < 2\pi$ ou l'angle $0 > \arg z > -2\pi$ on peut supprimer la condition $\mathfrak{R}(\beta) > -1$ parce qu'alors la fonction sous le signe a un ordre de décroissance exponentielle dans les deux directions.

En exprimant que l'intégrale (6) est égale à la somme des résidus aux pôles situés à droite (gauche) du chemin d'intégration on trouvera deux relations linéaires très simples entre la solution non-holomorphe au point $z = 1$ et les séries hypergéométriques qui satisfont à l'équation (1).

MAGNÉTISME. — *L'anisotropie superficielle des substances ferromagnétiques.* Note (*) de M. **Louis Néel**.

En première approximation, il paraît légitime de considérer l'énergie magnéto-cristalline et magnéto-élastique d'une substance ferromagnétique comme la somme d'une série de termes relatifs chacun à une *liaison*, c'est-à-dire aux actions qui s'exercent entre atomes pris deux à deux. Cette énergie élémentaire d'interaction $w(r, \varphi)$ doit être fonction de la distance r des deux atomes et de l'angle φ de la direction de l'aimantation spontanée J_s avec la ligne joignant les centres des deux atomes. Elle se développe en série sous la forme

$$w = g_1(r)\,P_2(\cos\varphi) + g_2(r)\,P_4(\cos\varphi) + \ldots,$$

où P_2, P_4, ... sont les polynomes de Legendre. Le coefficient de P_2 est la somme d'un terme dû au couplage dipolaire magnétique entre atomes de moment μ et d'autres termes provenant probablement du couplage spin-orbite et dont nous savons seulement qu'ils décroissent à grande distance beaucoup plus rapidement que $1/r^3$: en ce qui les concerne, il suffit donc de ne tenir compte que des interactions entre atomes proches voisins. Au voisinage de la distance r_0 de deux atomes proches voisins et en posant $r = r_0 + \delta r$, on peut écrire en se limitant aux termes du premier ordre en δr

$$N_a w = \left(\frac{-3N_a\mu^2}{r^3} + L + M\,\delta r\right)\left(\cos^2\varphi - \frac{1}{3}\right) + (Q + S\,\delta r)\left(\cos^4\varphi - \frac{30}{35}\cos^2\varphi + \frac{3}{35}\right),$$

où N_a est le nombre d'Avogadro et L, M, Q, S, quatre coefficients qui dépendent de r_0.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

Ce sont les termes en $g_1(r)$ qui jouent le rôle prépondérant dans la magnétostriction. Cependant, comme Becker l'a montré depuis longtemps [1], les interactions magnétiques dipolaires ne rendent compte que d'une faible partie de la magnétostriction observée : nous pouvons donc négliger devant les autres le terme en μ^2 dans $g_1(r)$. Dans ces conditions, si nous écrivons l'expression de l'énergie élastique $E_{él}$ en fonction du tenseur de déformation A_{ij} sous la forme

$$E_{él} = \frac{1}{2} C_1 (A_{11} + A_{22} + A_{33})^2 + C_2 (A_{11}^2 + A_{22}^2 + A_{33}^2) + 2C_3 (A_{12}^2 + A_{23}^2 + A_{31}^2),$$

nous pouvons en déduire les valeurs λ_{100} et λ_{111} de la magnétostriction longitudinale suivant les axes quaternaire et ternaire. Dans le système du cube à faces centrées, avec 12 voisins, le calcul donne, en désignant par V le volume atomique :

$$\lambda_{100} = -\frac{6L + Mr_0}{6VC_2} \qquad \text{et} \qquad \lambda_{111} = -\frac{2L + Mr_0}{3VC_3}.$$

Les formules sont analogues pour les autres systèmes cristallins et leur application montre qu'en général L est de l'ordre de 10^8 à 10^9 ergs : pour le nickel, on obtient $L = 0{,}8 \, . \, 10^8$ ergs.

La théorie de l'anisotropie magnétocristalline, à dimensions constantes ($\delta r = 0$), des substances cubiques montre que le terme en P_2 ne joue aucun rôle puisque la valeur moyenne de P_2, relative à tous les voisins d'un atome donné, est nulle : il faut faire intervenir les termes en P_4. En désignant par β_1, β_2, β_3, les cosinus directeurs de J_s par rapport aux axes quaternaires, on obtient alors comme densité d'énergie d'anisotropie :

$$D = K(\beta_1^2\beta_2^2 + \beta_2^2\beta_3^2 + \beta_3^2\beta_1^2).$$

Dans le système du cube à faces centrées, la constante d'anisotropie K est simplement égale à Q/V.

La situation est cependant complètement différente lorsqu'il s'agit d'atomes placés à la surface du cristal, car la valeur moyenne de P_2 relative aux atomes proches voisins n'est pas nulle en général. En ce qui concerne le terme dipolaire magnétique, nous retrouvons tout simplement ainsi le champ démagnétisant de forme, mais en ce qui concerne le terme en L, nous obtenons un terme nouveau d'*anisotropie superficielle* dont l'existence n'a pas été signalée jusqu'ici. Il s'agit d'une densité superficielle d'énergie D_s, liée à l'angle θ de l'aimantation spontanée avec la normale à la surface, s'exprimant sous la forme

$$D_s = K_s \cos^2\theta.$$

La valeur de K_s dépend de la nature du réseau cristallin et de l'orientation de la surface; c'est ainsi qne pour le système du cube à faces centrées on trouve

(1) R. Becker, *Phys. Z.*, **33**, 1932, p. 905; *Z. Physik*, **62**, 1930, p. 253.

$K_s = -(L/Nr_0^2\sqrt{3})$ pour une face (111) et $K_s = -(L/2Nr_0^2)$ pour une face (100). Les valeurs de L estimées plus haut permettent d'attribuer à K_s des valeurs de l'ordre de 0,1 à 1 erg/cm².

Ce terme ne semble devoir jouer de rôle important que dans les cas où les cristaux élémentaires de la phase ferromagnétique sont extrêmement petits et constitués par un domaine élémentaire unique. Il donne une énergie d'anisotropie, dépendant de la forme et proportionnelle à la *surface* du grain, qui, suivant le signe de K_s, se retranche ou s'ajoute à l'énergie d'anisotropie du champ démagnétisant : cette dernière dépend aussi de la forme mais est proportionnelle au *volume* du grain. Pour un ellipsoïde de révolution allongé, de grand axe $2a$ et de diamètre équatorial $2b$, l'énergie W_s d'anisotropie de surface s'écrit

$$W_s = -\frac{16\pi abe^2 K_s}{15}\cos^2\theta',$$

en désignant par e l'excentricité supposée petite et θ' l'angle de J_s avec l'axe de révolution. L'anisotropie de surface est en valeur absolue égale à l'anisotropie de volume du champ démagnétisant pour

$$b = b_0 = \frac{2K_s}{\pi J_s^2}.$$

Pour un cylindre circulaire de rayon b, l'égalité a lieu pour la même valeur b_0 de b. De même, pour des feuillets magnétiques plans d'épaisseur d, séparés par des feuillets non magnétiques de même épaisseur, l'égalité des énergies se produit aussi pour $d = b_0$.

Avec $K_s = 1$ erg/cm² et $J_s = 1000$ *uém*, on trouve $b_0 = 60$ Å. C'est une valeur un peu supérieure à l'épaisseur des lamelles de précipité formées au cours du traitement thermique propre à donner aux alnicos le plus grand champ coercitif possible (²). Cette anisotropie superficielle est donc susceptible de jouer un rôle important aussi bien en ce qui concerne les propriétés magnétiques de ce type d'aimants que celles des aimants permanents à base de grains fins comprimés.

Il convient enfin de remarquer que la théorie développée plus haut s'étend aisément aux solutions solides à deux constituants A et B : il suffit d'introduire des énergies w_{aa}, w_{bb}, w_{ab} relatives aux actions entre couples AA, BB et AB. En particulier, dans une solution solide idéale ne présentant aucune corrélation entre la nature de deux atomes proches voisins, on trouve que la quantité L qui figure dans les formules précédentes doit être remplacée par $c_a^2 L_{aa} + 2c_a c_b L_{ab} + c_b^2 L_{bb}$, en désignant par c_a et c_b les concentrations atomiques des deux constituants.

Nous exposerons dans une publication ultérieure d'autres conséquences des idées exposées ici. Un Mémoire plus étendu paraîtra dans un autre recueil.

(²) K. KRONENBERG, Communication personnelle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structures gauches en série cyclohexanique*. Note (*) de
Mlle **Marie-Madeleine Claudon**, MM. **Raymond Cornubert**, **Hubert Lemoine** et **René Malzieu**.

Le 1.3-diméthylcyclohexane *cis* est bien l'isomère de moindres constantes en accord avec la représentation en chaise du cyclohexane; on ne peut donc plus utiliser la règle d'hydrogénation de Skita dans son ancienne rédaction.

Les seules méthodes sures de détermination des configurations spatiales en série cyclohexanique sont le dédoublement de certains isomères et le dénombrement des dérivés obtenus par transformation d'une fonction.

C'est ainsi que Mousseron et Granger ([1]) en 1938, ayant eu recours au pouvoir rotatoire, ont préparé les deux 1.3-diméthylcyclohexanes l'un actif l'autre inactif en partant de la 1.3-diméthylcyclohexanone active; or le dérivé actif, obligatoirement *trans*, a présenté les plus fortes constantes physiques (densité, indice de réfraction) en opposition avec la règle de von Auwers de cette époque. De plus en 1947 Beckett, Pitzer, Rossini et Spitzer ([2]) s'appuyant sur des considérations thermodynamiques, ont déclaré que les dénominations *cis* et *trans* devaient être inversées en ce qui concerne les 1.3-diméthylcyclohexanes, trouvant une vérification de leurs conclusions dans la publication de Mousseron et Granger.

En utilisant la deuxième méthode indiscutable énoncée ci-dessus, nous arrivons à une conception en complet accord avec les résultats précédents. En effet l'un de nous ([3]) a eu l'occasion de s'intéresser à la *cis*-3.5-diméthylcyclohexanone à laquelle cette configuration a été attribuée parce que cette substance engendre deux alcools stéréoisomères. Sous l'influence du platine, nous avons converti cette cétone en un 1.3-diméthylcyclohexane dont les constantes [É 120°,6 (corr.); d_4^{20} 0,7671; n_D^{20} 1,4244] sont très voisines de celles trouvées par d'autres auteurs pour le 1.3-diméthylcyclohexane de moindres constantes; les valeurs moyennes s'établissent aux nombres suivants pour les deux 1.3-diméthylcyclohexanes :

$$\text{É } 120^\circ,3\text{-}124^\circ,7;\ d_4^{20}\ 0,7663\text{-}0,7841;\ n_D^{20}\ 1,4230\text{-}1,4310.$$

Ainsi, en série disubstituée sur les positions 1 et 3, le carbure nécessairement *cis* présente bien les constantes les plus faibles, contrairement à ce qu'on note en série 1.2 ou 1.4.

On sait que la règle de von Auwers, basée sur le plus faible volume occupé

(*) Séance du 30 novembre 1953.

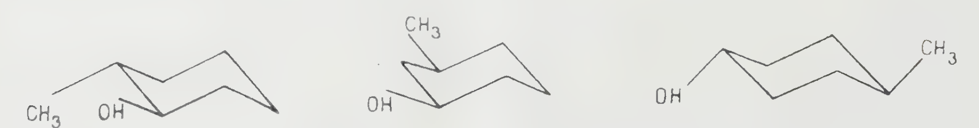
(1) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 5, 1938, p. 1618.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 977 et 2488; *Science* 105, 1947, p. 2738.

(3) R. Cornubert, et P. Hartmann, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 15, 1948, p. 867.

par un dérivé *cis* par comparaison avec son isomère *trans* en représentation plane, et qui conduit à de plus fortes constantes pour l'isomère *cis*, ne connaît plus de contradiction si l'on fait appel à la représentation en chaise du cyclohexane selon laquelle le dérivé *cis* en 1.3 sous la forme diéquatoriale occupe un volume plus grand que le dérivé *trans* 1(*e*) 3(*p*) (la forme dipolaire du dérivé *cis* présenterait le caractère inverse, mais l'extrapolation des résultats de Hassel fait envisager préférentiellement la forme diéquatoriale).

De la même façon que Pitzer et Rossini [4] en 1947, nous demandons que soient inversées les désignations *cis* et *trans* utilisées précédemment par nous quand il s'agit de dérivés fonctionnels tels que : 3-méthylcyclohexanols-1 [5], *cis*-3.5-diméthylcyclohexanols-1 [6], ceci d'après les nouveaux énoncés des règles d'orientation de Skita concernant la réduction des cyclanones. A l'ancien libellé, la réduction par le sodium et l'alcool absolu donne le dérivé *trans*, celle par le platine en milieu acide conduit au dérivé *cis* (ce que Vavon et ses élèves ont vérifié en série 1.2) il faut substituer le texte suivant : la réduction par le sodium et l'alcool absolu engendre essentiellement un dérivé diéquatorial (*trans*-1.2 et 1.4, *cis*-1.3) :



la réduction par le platine fournit principalement un dérivé équatorial-polaire (*cis*-1.2 et 1.4, *trans*-1.3).

D'ailleurs la structure gauche « en chaise » impose cette nouvelle rédaction sans quoi on arriverait à des oppositions d'orientation; avec le sodium et l'alcool absolu par exemple, et dans le cas de la 2.3-diméthylcyclohexanone-1, le groupe méthyle en 2 supposé placé équatorialement conduirait avec l'ancien libellé, à un OH en *trans*, donc en position équatoriale, tandis que le groupe méthyle en 3 supposé disposé équatorialement, orienterait l'OH en *trans*, donc en position polaire. Les deux influences individuelles interféreraient chez la cétone diméthylée ce qui ne se produit plus avec le nouveau texte suivant lequel les deux influences convergent vers la position équatoriale.

Il faudrait maintenant, chez un alcoylcyclohexanol équatorial-polaire, démontrer de façon rigoureuse quel est le groupe, alcoyle ou hydroxyle, qui occupe la position polaire.

Nous ajouterons que la transformation de la *cis*-3.5-diméthyl-cyclohexanone-1 en le *cis*-1.3-diméthylcyclohexane a été un peu facilitée en opérant

---

(4) *Science, loc. cit.*

(5) Mlle M.-M. Claudon, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **17**, 1950, p. 627.

(6) R. Cornubert et P. Hartmann, *Bull. Soc. Chim.*, *loc. cit.*

dans le cyclohexane au lieu d'acide acétique, rendu chlorhydrique ou non, et qu'aucun des deux 3.5-*cis*-diméthylcyclohexanols-1 n'a pu être réduit en carbure, même en opérant dans le cyclohexane.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE EXPÉRIMENTALE. — *La cryosynérèse cytonucléoplasmique et sa distinction de la plasmolyse, de la coagulation et de la solidification du protoplasma congelé.* Note de M. **Paul Becquerel.**

La cryosynérèse cytonucléoplasmique est un phénomène complexe mesurable de la colloïdologie de la cellule. Elle a été confondue souvent avec ceux de la plasmolyse, de la coagulation et de la solidification du protoplasma. Selon les cas, elle explique la congélation de la cellule en vie active ou latente, sa mort ou sa survie au dégel.

Comme on confond parfois la cryosynérèse cytonucléoplasmique avec la plasmolyse, la coagulation et la solidification du protoplasma aux basses températures, j'apporte de nouveaux détails sur ce phénomène capital qui a permis d'expliquer la mort ou la reviviscence des organismes congelés même au voisinage du zéro absolu à quelques millièmes près.

La synérèse est un phénomène bien connu en colloïdologie qui a été découvert par Graham en 1876. W. Heller en a donné une systématique en 1937 (1).

Selon les cas la synérèse est irréversible ou réversible; irréversible, lorsque les particules colloïdales synérésées remises en présence des molécules d'eau coagulent entre elles en grosses micelles, incapables de reconstituer l'ancien gel; réversible, lorsque les particules colloïdales synérésées reprenant leurs liaisons avec les molécules d'eau, reforment l'ancien gel. C'est un phénomène général du même ordre mais beaucoup plus complexe, que nous avons trouvé en 1937 (2) dans les cellules végétales au moment de leur congélation. Leur état colloïdal cytonucléoplasmique se partage en deux nouvelles phases, l'une où leurs particules organiques sous l'action du froid se séparent de leurs molécules d'eau de liaison pour se solidifier ou se vitrifier peut-être et l'autre dans laquelle, les molécules d'eau exsudées vont se cristalliser à part sous forme probable de noyaux cristallins invisibles. Au dégel, il y aura deux cas à considérer : la cryosynérèse cytonucléoplasmique sera irréversible ou réversible. Irréversible, si les particules cytonucléoplasmiques synérésées dégelées, au lieu de reprendre leurs liaisons avec les molécules d'eau liquide pour reconstituer l'état colloïdal initial, coagulent entre elles, alors c'est la mort; réversible, si les particules cytonucléoplasmiques synérésées dégelées reprennent leurs liaisons avec

(1) W. Heller, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 770.
(2) P. Becquerel, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1267.

les molécules d'eau liquide pour reformer l'état colloïdal initial nécessaire, au métabolisme, alors c'est la reviviscence.

Nous avons mis en évidence la cryosynérèse en mesurant dans la même cellule son volume et celui de son cytonucléoplasma, avant, pendant, après l'action du froid avec un microscope muni d'un micromètre, soit à travers les parois du cryostat, soit en dehors, quelques secondes avant le dégel : la diminution de volume de la cellule et du noyau indiquent la grandeur de la cryosynérèse cellulaire. *C'est donc un phénomène facilement mesurable.*

Mais pourquoi les anciens physiologistes et nous-même d'ailleurs avant sa découverte, l'avions-nous confondu avec la plasmolyse ? C'est parce que nous n'avions pas fait de mesure dans la même cellule pendant l'expérience et nous avions cru que la pycnose nucléaire comme le décollement dans les coins du protoplasma, étaient des signes de commencement de plasmolyse. Une observation plus approfondie nous aurait montré notre erreur. Pour en avoir la certitude, il m'a fallu provoquer dans la cellule avant congélation, un début d'une véritable plasmolyse avec un liquide sucré ou de la glycérine, puis placer progressivement la préparation attachée au réservoir du thermomètre à pentane, à des degrés divers de froid. J'ai ainsi constaté avec étonnement qu'au lieu d'une accentuation de plasmolyse par le froid, il y avait eu un phénomène nouveau, une synérèse rétablissant le cytonucléoplasma diminué le long de la paroi cellulaire, puis au dégel, le cytonucléoplasma synérésé coagulait sur place comme une fixation; il y avait donc eu deux phénomènes distincts : pendant le gel, *la synérèse*; au dégel, *la coagulation* rendant la synérèse irréversible [3]. D'ailleurs, on peut séparer les deux phénomènes en empêchant la coagulation du protoplasma de se produire au dégel. C'est ce que nous avons obtenu dans une curieuse expérience [4] sur des Mousses en vie active, contenant de 60 à 80 % d'eau. Ces mousses appartenant à de nombreuses espèces, fixées au réservoir d'un thermomètre à pentane, refroidies lentement en les descendant progressivement pendant 15 mn dans le cryostat contenant de l'air liquide jusqu'à ce qu'elles atteignent — 190° C, avaient été laissées 1 h, 24 h, 7 jours, puis retirées aussi lentement. Si on prenait la précaution de les réchauffer, au-dessus d'une flamme pendant quelques secondes, toutes leurs cellules étaient reviviscentes, ce qui se constatait facilement par leur plasmolyse dans un liquide sucré ou une goutte de glycérine neutre. Quant à la solidification pendant le gel, c'est un autre phénomène différent de celui de la synérèse dont il est la résultante, car il aurait pu se produire sans qu'il y ait eu modification de volume

---

([3]) *Comptes rendus*, 205, 1938, p. 1587.
([4]) *Comptes rendus*, 206, 1939, p. 1746.

de la masse cytonucléoplasmique. Nous l'avions déjà constaté dès 1906 (5), dans nos expériences sur les graines sèches ou imbibées d'eau, trempées dans l'air liquide et qui, avant le dégel, étaient devenues dures, élastiques et cassantes, pulvérisables au marteau comme du verre. Étaient-elles vitrifiées ou non, comme dans les expériences de Tammann, nous ne l'avons pas résolu. C'est ce qu'a recherché depuis 1937 M. B. Luyet qui a pensé y voir un état vitreux de la matière vivante.

La cryosynérèse nucléoplasmique réversible des cellules en vie active, ne pouvant pas déshydrater complètement la cellule, nous nous sommes alors demandé, si en la combinant avec la déshydratation, le vide et la plus basse température, on ne pourrait pas suspendre la vie dans les organismes pendant une durée presque indéfinie. C'est ce que nous avons accompli depuis 1909, en profitant des progrès de la physique dans la réalisation des grands froids. J'ai soumis ainsi un grand nombre d'organismes desséchés, spores de Bactéries, de Moisissures, d'Algues, de Mousses, de Fougères, des grains de pollen, des graines décortiquées, des germinations déshydratées des tubercules de Renoncule et des Animalcules reviviscents, pendant des heures, des jours, des semaines à — 190°, — 250°, — 271° et récemment, comme je l'ai déjà annoncé ici (6) à — 272°,995, à quelques millièmes du zéro absolu. Ils ont tous survécu. *Leur cryosynérèse a été parfaitement réversible.* Tous ces êtres ont reconstitué l'état colloïdal initial de leur protoplasma qui avait été supprimé par le froid, le vide et la dessiccation. Leur solidification, ou si on l'admet, leur vitrification avec formation de cristallites, a été complète. En leur appliquant les lois de Van t'Hoff, revues par C. E. Guye et Paul Langevin, leur métabolisme physicochimique a été ralenti d'une manière telle que ces organismes pratiquement en vie suspendue, pourraient, tant que ces conditions exceptionnelles dureraient, conserver théoriquement leur pouvoir de germer à — 270° C pendant 71 000 milliards d'années, s'ils avaient déjà à la température ordinaire, un pouvoir germinatif normal d'un an.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Maurice Caullery** : *Analyse génétique de la monœcie et de la diœcie zygotiques et de leur différence dans* Ecballium elaterium, par Fernando Galán ;

par M. **Armand de Gramont** : *Les instruments scientifiques aux* XVIIe *et* XVIIIe *siècles,* par Maurice Daumas.

---

(5) *Comptes rendus,* **142**, 1906, p. 652

(6) *Comptes rendus,* **231**, 1950, p. 261; **232**, 1951, p. 22.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Louis Fage** est élu vice-président pour l'année 1954 par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand** sont réélus Membres des Commissions administratives par la majorité absolue des suffrages exprimés.

DÉSIGNATIONS.

Le **Secrétaire d'État a la Présidence du Conseil, chargé des Relations avec les États associés**, demande à l'Académie de choisir l'un de ses Membres qui fera partie du Conseil d'administration de l'**Institut Océanographique de Nhatrang.**

M. **Louis Fage** est désigné.

L'Académie décide en outre de demander que l'un des postes de Membre adjoint du Conseil soit attribué à M. **Théodore Monod**, un deuxième poste de Membre adjoint devant être occupé par M. *Cauvet-Duhamel*, ingénieur en chef de la Météorologie nationale.

CORRESPONDANCE.

Le Président de la **Société Française des Électriciens** adresse à l'Académie le texte des vœux qui ont été émis par la **Commission pour l'étude de l'enseignement élémentaire de l'électricité**, constituée par cette Société. Ces vœux concernent le changement du système d'unités actuellement en usage dans les exposés pédagogiques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale un Ouvrage dactylographié de M. **Roger Hahn** intitulé : *The National Institute of France, first class* (1795-1803) : *a study in change and continuity*.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Huygens devant le système du monde, entre Descartes et Newton.* Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les éléments nouveaux apportés par la récente publication du tome XXI des Œuvres complètes de Huygens permettent de fixer l'évolution de sa pensée, entre Descartes et Newton, à l'égard du système du monde.

Avant la publication des *Principia* de Newton, Huygens, doutant de l'ellipticité des orbites planétaires, continuait à utiliser les excentriques circulaires et hésitait corrélativement entre les lois $1/r$ et $1/\sqrt{r}$ pour la vitesse d'une planète à la distance r du Soleil. Il ne négligeait pas d'étudier les hypothèses de Boulliau et Seth Ward. En outre, il refusait d'admettre que le Soleil pût exercer, comme le voulait Képler, une action sur les planètes.

Huygens était acquis en principe au modèle cartésien, mais il accusait Descartes de n'avoir prolongé ses tourbillons jusqu'au voisinage des étoiles fixes que pour pouvoir donner du mouvement aux comètes, mouvement que pour sa part il expliquait par l'embrasement des comètes « comme aux fusées » en même temps que, d'accord en cela avec Képler, il attribuait aux comètes des trajectoires sensiblement rectilignes. Reprochant à Descartes de n'avoir pas tenu compte de la petitesse du système planétaire à l'égard de sa distance aux étoiles fixes, Huygens affirmait l'infinité actuelle du Cosmos et professait pour sa part l'existence de tourbillons à trois dimensions, laissant entre eux de grands espaces vides au repos (*Pensées mêlées*, 1686).

A l'annonce de la publication des *Principia*, Huygens déclare vouloir bien que Newton ne soit pas Cartésien, à condition qu'il ne fasse pas des suppositions comme celles de l'attraction.

Huygens était un des rares à pouvoir lire utilement les *Principia*. En fait, en dehors des problèmes qui l'avaient directement occupé (forme de la Terre et mouvement en milieu résistant), on le voit, dans ses manuscrits, reprendre et vérifier les calculs de Newton, en particulier le théorème fondamental sur la loi de force centrale correspondant à une trajectoire elliptique. Cette vérification le persuade de l'exactitude des lois de Képler (cet aveu est daté du 14 décembre 1688). Il admet aussi que Newton a réfuté les tourbillons, au sens précis où les entendait Descartes. Mais, restant hostile au concept d'attraction, il maintient la nécessité d'une explication mécaniste et la cherche dans la voie même où il s'était déjà engagé auparavant :

Tourbillons détruits par Newton. Tourbillons de mouvement sphérique à la place.
Rectifier l'idée des tourbillons.

Tourbillons nécessaires, la Terre s'enfuirait du Soleil; mais fort distants l'un de l'autre, et non pas, comme ceux de M. Descartes, se touchant.

Telle est la genèse du *Discours de la Cause de la pesanteur* (1690), texte trop connu pour qu'il soit besoin d'y insister. Convaincu dorénavant des lois quantitatives de Képler-Newton, Huygens était conscient, alors qu'il avait été le premier à établir les lois précises de la force centrifuge, d'avoir — du fait même de sa croyance dans la doctrine des tourbillons — manqué de l'audace nécessaire pour extrapoler la pesanteur jusqu'à la Lune, et aux distances du Soleil aux planètes. Le raccommodage, bien artificiel d'ailleurs, que nous offre le *Discours* demeure dans la ligne même de ses recherches antérieures et traduit une pensée restée fidèle aux explications mécanistes. Un autre souci, celui de sauver le milieu de propagation des ondes lumineuses, conduit Huygens à rejeter simultanément l'étendue-substance de Descartes et l'éther raréfié de Newton.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les représentations induites des groupes de Lie*

Note de M. **François Bruhat**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soient G un groupe de Lie et Γ un sous-groupe fermé; dx et $d\xi$ désigneront les mesures invariantes à droite sur G et Γ; on posera $d(\xi_0\xi)=\rho(\xi_0)\,d\xi$ et l'on supposera pour simplifier l'exposition, G unimodulaire et ρ prolongée en une fonction indéfiniment différentiable et >0 sur G, vérifiant la relation $\rho(\xi x)=\rho(\xi)\,\rho(x)$. On a alors sur l'espace homogène G/Γ des classes Γx une mesure quasi invariante $d\dot{x}$ définie par la relation [1] :

$$\int f(x)\,\rho(x)\,dx=\int d\dot{x}\int f(\xi x)\,d\xi.$$

Soient α et β deux représentations continues de dimension 1 de Γ, avec $|\alpha(\xi)|=|\beta(\xi)|=1$. Posons $\lambda(\xi)=\rho(\xi)^{\frac{1}{2}}\alpha(\xi)$ et $\mu(\xi)=\rho(\xi)^{\frac{1}{2}}\beta(\xi)$. Désignons par $\mathcal{H}^\lambda$ l'espace de Hilbert formé des fonctions boréliennes $f(x)$ qui vérifient

$$f(\xi x)=\lambda(\xi)f(x),\qquad \int |f(x)|^2\,\rho(x)^{-1}\,d\dot{x}<+\infty.$$

La représentation unitaire U^α de G « induite » par la représentation α de Γ s'effectue dans $\mathcal{H}^\lambda$ et est donnée par les translations à droite $f(x)\to f(xa)$. De même la représentation U^β induite par β s'effectue dans $\mathcal{H}^\mu$ à l'aide des translations à droite.

2. Soit T un opérateur d'entrelacement de U^α et U^β, i. e. une application

[1] Pour tous les résultats et définitions de ce paragraphe, *voir* G. W. Mackey, *Ann. Math.*, 55, 1952, p. 101-139; *voir* p. 102-107.

linéaire continue de $\mathcal{H}^\lambda$ dans $\mathcal{H}^\mu$ commutant aux translations à droite. Pour deux fonctions f et g indéfiniment différentiables à support compact sur G posons

$$f_\lambda(x)=\int f(\xi x)\,\lambda(\xi)^{-1}\,d\xi;\qquad g_\mu(x)=\int g(\xi x)\,\mu(\xi)^{-1}\,d\xi,$$

les f_λ (resp. g_μ) sont partout denses dans $\mathcal{H}^\lambda$ (resp. $\mathcal{H}^\mu$) de sorte que T est déterminé par la forme sesquilinéaire $\langle \mathrm{T}f_\lambda, g_\mu\rangle$.

En vertu des propriétés de continuité de celle-ci et du « théorème des noyaux » de M. L. Schwartz ([2]), il existe sur $\mathrm{G}\times\mathrm{G}$ une distribution $d\mathrm{T}(x, y)$ unique telle que

$$\langle \mathrm{T}f_\lambda, g_\mu\rangle=\iint f(x)\,\overline{g(y)}\,d\mathrm{T}(x, y)$$

et il est trivial de vérifier que celle-ci satisfait à la relation

$$(1)\qquad d\mathrm{T}(\xi xs, \eta ys)=\overline{\lambda(\xi)}\,\mu(\eta)\,d\mathrm{T}(x, y).$$

Comme la distribution $d\mathrm{T}$ est invariante par $(x, y)\to(xs, ys)$, il existe sur G une distribution $d\tilde{\mathrm{T}}(x)$ telle que

$$\iint f(x, y)\,d\mathrm{T}(x, y)=\int dy\int f(xy, y)\,d\tilde{\mathrm{T}}(x).$$

et (1) se traduit alors par la relation

$$(\mathrm{A})\qquad d\tilde{\mathrm{T}}(\xi x\eta^{-1})=\overline{\lambda(\xi)}\,\mu(\eta)\,d\tilde{\mathrm{T}}(x)$$

En conclusion, *la dimension de l'espace des opérateurs d'entrelacement est au plus égale à celle de l'ensemble des solutions de* (A), et même de l'ensemble des solutions de (A) qui vérifient des propriétés de continuité telles que l'on puisse en déduire une application continue de $\mathcal{H}^\lambda$ dans $\mathcal{H}^\mu$.

3. Supposons que Γ soit invariant [on a alors $\rho(x)=1$] et qu'il existe une section indéfiniment différentiable $\dot{x}\to k(\dot{x})$ de G fibré par Γ ([3]). $d\tilde{\mathrm{T}}(x)$ étant relativement invariante par les translations à droite par les éléments de Γ, il existe une distribution $d\mathrm{T}^0$ sur G/Γ telle que

$$\int f(x)\,d\tilde{\mathrm{T}}(x)=\int d\mathrm{T}^0(\dot{x})\int \beta(\xi)^{-1}f(k(\dot{x})\xi)\,d\xi$$

et (A) se traduit alors par la relation

$$(\mathrm{B})\qquad d\mathrm{T}^0(\dot{x})=\overline{\alpha(\xi)}\,\beta(k(\dot{x})^{-1}\xi k(\dot{x}))\,d\mathrm{T}^0(\dot{x})\qquad \text{pour tout } \xi\in\Gamma,$$

([2]) *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*, Cambridge, 1952, p. 221-230.

([3]) En réalité, l'existence, toujours assurée, d'une section *locale* indéfiniment différentiable suffit, en utilisant une partition de l'unité sur G/Γ, pour démontrer nos résultats.

relation qui entraîne que le support de dT^0 est contenu dans l'image canonique de l'ensemble des points $x \in G$ tels que $\alpha(\xi) = \beta(x^{-1}\xi x)$ pour tout ξ : on déduit de ceci et des propriétés de continuité que doit posséder dT^0 que U^α *est irréductible si et seulement si* $\alpha(\xi)$ *et* $\alpha(x^{-1}\xi x)$ *sont des représentations non-équivalentes de* Γ *pour tout* x *de* G *non dans* Γ. U^α et U^β supposées irréductibles sont équivalentes si et seulement s'il existe un $x \in G$ tel que $\alpha(\xi)$ et $\beta(x^{-1}\xi x)$ soient équivalentes. Ce résultat généralise des théorèmes dus à G. W. Mackey dans le cas où Γ est abélien [4] ou G/Γ discret [5].

4. Les résultats précédents se généralisent facilement au cas où, au lieu de considérer deux représentations α et β de dimension *un* d'un *même* sous-groupe Γ, on considère des représentations de dimension finie de deux sous-groupes différents : ce cas général sera traité dans un article détaillé. En particulier, la condition nécessaire et suffisante d'irréductibilité de U^α donnée au paragraphe 3 est valable pour une représentation α unitaire irréductible de dimension finie quelconque d'un sous-groupe Γ invariant. D'autre part, on verra dans une publication ultérieure comment on peut déduire de (A) les résultats de Gelfand et Naimark sur l'irréductibilité de certaines représentations du groupe complexe unimodulaire, et comment on peut les étendre à d'autres groupes classiques (complexes ou réels).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'itération de la transformée de Hilbert d'une distribution complexe.* Note (*) de M. **Jean Horváth**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons le plan complexe $\mathbf{C}$ que nous identifierons parfois avec $\mathbf{R}^2$. Un point de $\mathbf{C}$ sera désigné par $z = x + iy$ ou par $\zeta = \xi + i\eta$. Soit T une distribution au sens de L. Schwartz [1] sur $\mathbf{R}^2$, telle que $(1 + |z|^2)^{-1}.T \in (\mathcal{D}'_{L^1})$. Nous appelons transformée de Hilbert de T le produit de composition

$$\mathfrak{H}T = \frac{1}{2\pi} T \star \text{v. p.} \frac{z}{|z|^3} = T \star H,$$

où $H = (1/2\pi)$ v. p. $(z/|z|^3)$. Si $T \in (\mathcal{D}'_{L^p})$ avec $1 < p < \infty$, alors $\mathfrak{H}T \in (\mathcal{D}'_{L^q})$ pour tout $q > p$ et on peut itérer l'opération $\mathfrak{H}$. Remarquons que des résultats plus fins de Zygmund et Calderon [2] on peut déduire que si $T \in (\mathcal{D}'_{L^p})$ $(1 < p < \infty)$, alors $\mathfrak{H}T \in (\mathcal{D}'_{L^p})$.

---

(4) G. W. Mackey, *loc. cit.*, p. 130-132.
(5) *Amer. J. Math.*, **73**, 1951, p. 588.

(*) Séance du 21 septembre 1953.
(1) *Théorie des distributions*, Hermann, Paris, 1950-1951. J'utiliserai les notations et la terminologie de ce traité.
(2) *Acta mathematica*, **88**, 1952, p. 85-139.

Nous allons indiquer brièvement la démonstration des formules suivantes :

(1) $$\mathfrak{H}^k T = \frac{k}{2\pi} T \star \text{v. p.} \frac{z^k}{|z|^{k+2}} = T \star H_k,$$

où $H_k = (k/2\pi)$ v. p. $(z^k/|z|^{k+2})$ si $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$ et $H_0 = \delta$. En particulier les opérateurs $\mathfrak{H}^k$ forment un groupe avec

$$\mathfrak{H}^{-1} T = -\frac{1}{2\pi} T \star \text{v. p.} \frac{\bar{z}}{|z|^3} = T \star H_{-1}$$

et $\mathfrak{H}^k(\mathfrak{H}^l T) = \mathfrak{H}^{k+l} T$. Si T est une fonction $f \in L^2(\mathbf{R}^2)$, ces formules sont démontrées dans un travail de Mihlin (3). Le cas de $T = f \in L^2(\mathbf{R}^2)$ et $k = \pm 2$ a été considéré par Beurling (4).

La démonstration des formules (1) résulte de ce que $H_k \star H_l = H_{k+l}$. C'est une conséquence de

(2) $$\mathcal{F}(H_k) = (-i)^k \frac{\zeta^k}{|\zeta|^k}.$$

En effet de (2) on déduit

$$\mathcal{F}(H_k \star H_l) = (-i)^k \frac{\zeta^k}{|\zeta|^k} (-i)^l \frac{\zeta^l}{|\zeta|^l} = (-i)^{k+l} \frac{\zeta^{k+l}}{|\zeta|^{k+l}} = \mathcal{F}(H_{k+l}).$$

Pour démontrer (2) on peut se restreindre au cas de k positif, car

$$\frac{\zeta^{-k}}{|\zeta|^{-k}} = \frac{\bar{\zeta}^k}{|\zeta|^k}.$$

Ensuite il faut distinguer entre le cas de k impair et de k pair. Si k est impair on a (5)

$$\mathcal{F}\left(\text{p. f.} \frac{1}{|\zeta|^{k+2}}\right) = \frac{(-1)^{\frac{k+1}{2}} 2^{k+1} \pi^{k+1}}{1^2 3^2 \ldots k^2} |\zeta|^k.$$

Or, vu que $\mathcal{F}(\zeta T) = (-2\pi i)^{-1} 2(\partial/\partial\bar{\zeta}) \mathcal{F}(T)$ et que

$$2^k \frac{\partial^k}{\partial\bar{\zeta}^k} |\zeta|^k = (-1)^{\frac{k-1}{2}} 1^2 3^2 \ldots (k-2)^2 k \frac{\zeta^k}{|\zeta|^k},$$

on obtient (2). Le cas de k pair est légèrement plus compliqué. En effet, on a dans ce cas (5)

$$\mathcal{F}\left(\text{p. f.} \frac{1}{|\zeta|^{k+2}}\right) = \frac{(-1)^{\frac{k}{2}} 2^{k+1} \pi^{k+1}}{2^2 . 4^2 \ldots k^2} |\zeta|^k \left\{\log \frac{1}{\pi|\zeta|} + A\right\},$$

---

(3) *Uspehi Matem. Nauk* (N. S.), 3, 25, 1948, p. 29-112 et *Amer. Math. Soc. Translation*, **24**, 1950.

(4) *Voir* I. Edward Block, *Proceedings Amer. Math. Soc.*, **4**, 1953, p. 110-117.

(5) Schwartz, *loc. cit.*, II, p. 113-114.

où

$$A = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{\frac{k}{2}} - \mathcal{C}\right) + \frac{1}{2}\,\frac{\Gamma'\left(\frac{k+2}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{k+2}{2}\right)},$$

$\mathcal{C}$ étant la constante d'Euler. Or

$$2^k \frac{\partial^k}{\partial \zeta^k} |\zeta|^k \left(\log \frac{1}{\pi |\zeta|} + A\right) = (-1)^{\frac{k}{2}}\, 2^2.4^2 \ldots (k-2)^2 k \frac{\zeta^k}{\zeta^k},$$

ce qui prouve bien (2).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la détermination des fonctions analytiques par des conditions imposées à leurs dérivées successives.* Note de M. **Jean Combes**, présentée par M. Paul Montel.

Contribution à l'étude du problème de la détermination d'une fonction analytique $f(z)$ par la donnée de la valeur de chacune des dérivées successives $f^{(n)}(z)$ en un point z_n.

Soit (z_n) une suite de points d'un domaine D. Dans quelle mesure une fonction $f(z)$ holomorphe dans D est-elle déterminée par la donnée de la suite $f^{(n)}(z_n)$? Les résultats suivants, dont la démonstration paraîtra ailleurs avec quelques précisions supplémentaires, fournissent une réponse partielle à cette question.

1. Cherchons les séries entières $f(z)$, non $\equiv 0$, à rayon de convergence > 1, dont les dérivées successives sont nulles à l'origine, sauf les dérivées d'ordre $D_1 = d_1$, $D_2 = d_1 + d_2$, ..., $D_n = d_1 + d_2 + \ldots + d_n \ldots$ qui s'annulent respectivement en $z_1, z_2, \ldots. z_n \ldots.$ On suppose les $|z_n| \leqq 1$. Les d_n sont des entiers $\geqq 1$, sauf d_1 qui peut être nul.

Si l'on écrit $f(z) = \Sigma a_n z^{D_n}/D_n!$, les a_n sont fournis par *un sytème homogène d'une infinité d'équations linéaires à une infinité d'inconnues.* L'étude de ce système montre que, s'il admet des solutions autres que la solution banale (ce qui sera établi au § 2 dans certains cas), la série de terme général $|a_n|/d_2! \ldots d_n! (\log 2)^n$ est *nécessairement divergente.* L'interprétation de cette propriété fournit des résultats tels que les suivants :

a. $f(z)$ ne peut être une fonction entière d'ordre < 1.

b. Soit $u_n = (d_2 \log d_2 + \ldots + d_n \log d_n)/D_n \log D_n$:

si $\underline{\lim}\, u_n = k$, $f(z)$ ne peut être une fonction entière d'ordre $< 1/(1-k)$;

si $\overline{\lim}\, u_n = 1$, $f(z)$ ne peut être une fonction entière d'ordre fini;

c. supposons $\lim u_n = 1$. Soit $v_n = (1 - u_n) \log D_n$ et $\Lambda = \overline{\lim}\, v_n$; $f(z)$ a un rayon de convergence $R \leqq e^{\Lambda}$.

Exemple. — Si $d_n/d_{n-1} \geqq \lambda > 1$:

$$R \leqq \exp \frac{\lambda \log \lambda - (\lambda - 1) \log(\lambda - 1)}{(\lambda - 1)}.$$

Dans ce cas le domaine d'existence de la fonction définie par la série lacunaire $f(z)$ coïncide avec le cercle de convergence de la série.

De même, si $d_n/d_{n-1} \to \infty$, $R \leqq 1$. Si donc il y a des z_n de module 1, il n'existe *aucune fonction* holomorphe à l'origine et aux points z_n et dont les dérivées successives satisfont aux conditions imposées (à part $f(z) = 0$).

Les résultats précédents peuvent s'interpréter autrement. On a par exemple les énoncés suivants, relatifs à des fonctions non réduites à des polynomes :

a'. soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre < 1. Δ étant un domaine borné quelconque, il existe une infinité de dérivées successives de f qui ne s'annulent pas dans Δ [1];

b'. soit $f(z) = \Sigma A_n z^{D_n}$ une fonction entière d'ordre $< 1/(1-k)$, avec $k = \varliminf u_n$; Δ étant un domaine borné quelconque, il existe une infinité de dérivées successives de f qui ne s'annulent pas dans Δ;

c'. soit $f(z) = \Sigma A_n z^{D_n}$ une série lacunaire telle que $d_n/d_{n-1} \to \infty$; soit R son rayon de convergence. Dans tout cercle $|z| \leqq r < R$, il existe une infinité de dérivées successives de f qui ne s'annulent pas.

2. Cherchons s'il existe des séries entières $f(z) = \Sigma a_n z^{D_n}/D_n!$, non $\equiv 0$, à rayon de convergence > 1, dont les dérivées d'ordre D_n s'annulent au point 1.

L'application du *principe des réduites* au système qui donne les a_n permet de construire une solution $f(z)$ [donc une infinité $\lambda f(z)$], *au moins dans le cas suivant* :

les $(d_n + d_{n+1})!/d_n!\, d_{n+1}!$ sont $\geqq 4$ (ce qui a lieu en particulier si les $d_n \geqq 2$) et la série $\Sigma (2^n d_2! \ldots d_n!\, z^{D_n}/D_n!)$ a un rayon de convergence > 1.

Il resterait à trouver *toutes* les solutions et à voir de combien de constantes arbitraires elles dépendent. C'est facile dans des cas particuliers.

Exemples. — $d_1 = 0$, $d_2 = d_3 = \ldots = 2$. — Les fonctions cherchées sont les fonctions $\sum_0^\infty \lambda_n \cos \pi(n + 1/2) z$.

$d_1 = 0$, $d_2 = d_3 = \ldots = p > 2$. — On trouve des solutions dépendant d'une infinité de constantes arbitraires, exprimées par des séries de cosinus d'ordre p.

3. Cherchons s'il existe des séries entières à rayon de convergence > 1, prenant ainsi que leurs dérivées des valeurs données α_n au point 0, sauf les dérivées d'ordre D_n qui prennent des valeurs données β_n au point 1.

---

(1) Ce résultat, qui peut s'établir directement, est valable pour toute fonction entière $\Sigma \alpha_n z^n/n!$ telle que $\sqrt[n]{|\alpha_n|} \to 0$.

Le problème se ramène à la détermination d'une série du type envisagé au paragraphe 2, et dont les dérivées d'ordre D_n prennent au point 1 des valeurs connues b_n.

Avec, pour la suite d_n, les hypothèses du paragraphe 2, une condition *suffisante* pour l'existence de solutions est que la série $\Sigma |b_n|/d_2!\ldots d_n!$ converge.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des transformations analytiques dans le bicercle-unité.* Note de M. **Michel Hervé**, présentée par M. René Garnier.

Cette Note complète les résultats d'un travail antérieur (¹), sur l'itération d'une transformation analytique t dans un domaine borné D à deux dimensions complexes, dans le cas particulier où D est le bicercle $|x| < 1$, $|y| < 1$.

1. Soit la transformation analytique

$$(t) \qquad x_1 = f(x, y), \qquad y_1 = g(x, y),$$

f et g étant holomorphes pour $|x| < 1$, $|y| < 1$, avec $|f(x, y)| < 1$, $|g(x, y)| < 1$, et soit τ toute transformation limite (uniforme sur tout compact) d'une suite partielle extraite de la suite des itérées $t_1 = t$, $t_2 = t \circ t$, $t_3 = t \circ t_2$, ... Si *une* τ change *un* point du bicercle $|x| < 1$, $|y| < 1$ en un point intérieur au bicercle, cette τ change *tout* point du bicercle en un point intérieur au bicercle, et en outre (¹) il en est de même de *toute* τ relative à la même t; de plus [résultat qui ne figure pas dans (¹) et qui ne vaudrait pas pour tout domaine D] t a au moins un point fixe intérieur au bicercle.

2. Supposons t dépourvue de point fixe intérieur au bicercle : toute τ présente alors l'une des deux formes

$$(1) \qquad x_1 = e^{i\alpha}, \qquad y_1 = \psi(x, y);$$

$$(2) \qquad x_1 = \varphi(x, y), \qquad y_1 = e^{i\beta},$$

où α, β sont des constantes réelles, $|\varphi(x, y)| \leqq 1$, $|\psi(x, y)| \leqq 1$. On sait (²) que, si l'on itère dans le cercle-unité $|z| < 1$ une transformation analytique $z_1 = f(z)$ dépourvue de point fixe intérieur au cercle, la suite des itérées converge vers un point de la circonférence; ici, la suite des itérées ne converge pas en général, mais, étant donné t, il existe, soit *un nombre* $e^{i\alpha}$ tel que *toutes* les τ soient de la forme (1), soit *un nombre* $e^{i\beta}$ tel que *toutes* les τ soient de la forme (2).

3. Pour le montrer, on peut associer à t deux transformations analytiques

(¹) M. Hervé, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 68, 1951, p. 125, chap. 4.

(²) A. Denjoy, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 255; G. Valiron, *Bull. Sc. math.*, 2e série, 55, 1931, p. 105.

dans le cercle-unité : $t^1(y)$, portant sur la variable x, définie par $x_1 = f(x, y)$, et $t^2(x)$, portant sur la variable y, définie par $y_1 = g(x, y)$; au sujet de $t^1(y)$, trois éventualités, et trois seulement, peuvent se présenter :

$$(X_1) \qquad f(x, y) \equiv x.$$

(X_2) Il existe une fonction $\xi(y)$, holomorphe pour $|y| < 1$, avec $|\xi(y)| < 1$, telle que les relations $f(x, y) = x$ et $x = \xi(y)$ soient équivalentes.

(X_3) Il existe un nombre $e^{i\alpha}$ tel que, pour chaque y, la suite des itérées de $t^1(y)$ converge vers $e^{i\alpha}$.

De même pour $t^2(x)$,

$$(Y_1) \qquad g(x, y) \equiv y.$$

(Y_2) Il existe une fonction $\eta(x)$, holomorphe pour $|x| < 1$, avec $|\eta(x)| < 1$, telle que les relations $g(x, y) = y$ et $y = \eta(x)$ soient équivalentes.

(Y_3) Il existe un nombre $e^{i\beta}$ tel que, pour chaque x, la suite des itérées de $t^2(x)$ converge vers $e^{i\beta}$.

L'hypothèse que t n'a pas de point fixe intérieur au bicercle exclut les cas $X_1 Y_1$, $X_1 Y_2$, $X_2 Y_1$; dans les cas $X_1 Y_3$ et $X_3 Y_1$, la suite des itérées de t converge évidemment.

4. Dans le cas $X_3 Y_2$, les transformations τ sont toutes de la forme (1), avec le nombre $e^{i\alpha}$ défini par l'énoncé de (X_3), mais avec diverses fonctions ψ. Il paraît difficile de caractériser l'ensemble de ces fonctions ψ, ou même l'ensemble E des points $\psi(0, 0)$, c'est-à-dire l'ensemble d'accumulation des images de l'origine par les itérées de t; mais les exemples obtenus permettent d'affirmer que, pour une même t, E peut avoir des points sur la circonférence $|y| = 1$ et d'autres dans le cercle $|y| < 1$.

Dans le cas $X_3 Y_3$, ou bien toutes les τ sont de la forme (1), avec le nombre $e^{i\alpha}$ défini par l'énoncé de (X_3), mais avec diverses fonctions ψ, ou bien toutes les τ sont de la forme (2), avec le nombre $e^{i\beta}$ défini par l'énoncé de (Y_3), mais avec diverses fonctions φ. Dans la première éventualité, on a, entre deux fonctions ψ, soient ψ_1 et ψ_2, la relation

$$\frac{1}{1 - e^{-i\beta}\psi_2} - \frac{1}{1 - e^{-i\beta}\psi_1} = \text{const. imaginaire pure},$$

à moins que ψ_1 ou ψ_2 ne soit la constante $e^{i\beta}$; l'ensemble E des points $\psi(0, 0)$ est une circonférence γ tangente en $e^{i\beta}$ à la circonférence $|y| = 1$, ou un arc de γ n'admettant pas $e^{i\beta}$ comme point intérieur; un exemple montre que E est ainsi caractérisé.

Enfin, dans le cas $X_2 Y_2$, la suite des itérées de t converge vers une transformation de la forme $x_1 = e^{i\alpha}$, $y_1 = e^{i\beta}$; $e^{i\alpha}$ est la limite des itérées de la transformation $x_1 = \xi[\eta(x)]$, $e^{i\beta}$ est la limite des itérées de la transformation $y_1 = \eta[\xi(y)]$, ces deux transformations étant dépourvues de point fixe intérieur au cercle-unité, du fait que t n'a pas de point fixe intérieur au bicercle.

TOPOLOGIE. — *Extension d'un théorème de G. de Rham et expression de l'invariant de Hopf par une intégrale.* Note (*) de M. **Michel Kervaire**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le théorème de G. de Rham sur la correspondance entre le produit extérieur des formes différentielles exactes et le produit *cup* des cocycles correspondants s'étend à certaines formes non exactes. La formule de J. H. C. Whitehead [1] pour l'invariant de Hopf d'une application de S_3 sur S_2 peut être démontrée sans faire usage de la fibration et être généralisée à tous les cas où l'invariant de Hopf est défini.

1. Soient X_n une variété de classe C^2; A^p, B^q deux formes différentielles (à coefficients C^1) sur X_n [2]. Soient a^p et b^q les cochaînes singulières correspondantes : on a

$$a^p(c_p)=\int_{c_p} A^p, \qquad b^q(c_q)=\int_{c_q} B^q$$

quelles que soient les chaînes différentiables, finies c_p et c_q dans X_n. (Par simplexe différentiable dans X_n nous entendons image dans X_n par une application de classe C^2 du « simplexe standard »; par chaîne différentiable une combinaison linéaire à coefficients réels de simplexes différentiables.)

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que*

$$(1) \qquad \int_{c_r} A^p . B^q = a^p \cup b^q(c_r) \qquad (r=p+q)$$

est que $a^p \cup b^q(c_r)=a^p \cup b^q(\mathrm{U}c_r)$, *quelle que soit la subdivision* $\mathrm{U}c_r$ *de la chaîne finie différentiable* c_r *dans* X_n.

(« $\cup$ », produit cup des cochaînes singulières; $A^p.B^q$, produit extérieur des formes différentielles A^p et B^q).

Remarque. — On a donc (1) si $a^p \cup b^q$ est un cocycle et c_r un cycle, donc aussi le théorème de G. de Rham (cas où A^p et B^q sont des formes exactes et c_r un cycle).

Démonstration. — La nécessité de la condition est évidente. On démontrera qu'elle est suffisante sur le cas où A^p et B^q sont deux formes différentielles définies dans le voisinage du *simplexe standard* $s_r (r=p+q)$, a^p et b^q les cochaînes correspondantes (définies sur les p-resp. q-chaînes de subdivisions simpliciales de s_r). On a alors a démontrer que

$$\lim_{k \to \infty} a^p \cup b^q(\mathrm{U}^k s_r)=\int_{s_r} A^p . B^q$$

pour un choix convenable d'une suite de subdivisions simpliciales $\mathrm{U}^k s_r$ de s_r.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **33**, 1947, p. 117-123.

(2) Les indices indiquent la dimension pour les chaînes et cochaînes, le degré pour les formes différentielles.

Nous considérons le produit cartésien $P = U^k s_r \times U^k \bar{s}_r$ de $U^k s_r$ par une copie $U^k s_r$ de lui-même. F(P) désigne une décomposition simpliciale de ce produit. Le produit cross $a^p \times b^q$ des deux cochaînes a^p et b^q sera par définition une cochaîne dans F(P) donnée par

$$a^p \times b^q(c_m) = \int_{c_m} A^p \times B^q \qquad (m = p + q),$$

[$A^p \times B^q$, produit extérieur de A^p par la copie de B^q définie dans $U^k \bar{s}_r$; c_m, chaîne simpliciale de $F(U^k s_r \times U^k \bar{s}_r)$]. Cette définition du produit cross coïncide avec la définition usuelle [3] pour les chaînes de la forme $c_m = F(c_i \times \bar{c}_j)$ $(m = i + j)$ (c_i, $\bar{c}_j$, chaînes dans $U^k s_r$ et $U^k \bar{s}_r$ respectivement). Donc [avec les notations de [3]] :

$$\int_{s_r} A^p . B^q = a^p \times b^q(DU^k s_r) \qquad \text{et} \qquad a^p \cup b^q(U^k s_r) = a^p \times b^q(FQU^k s_r).$$

Étant donnée la relation de chaîne-homotopie entre D et FQ, il suffit de démontrer que pour un choix convenable de la suite $U^k s_r$ et des opérateurs Y_m [*cf.* [3]], les deux intégrales

$$\int_{Y_r U^k s_r} d(A^p \times B^q) \qquad \text{et} \qquad \int_{Y_{r-1} \partial U^k s_r} A^p \times B^q$$

tendent vers zéro lorsque $k \to \infty$. Pour cela on démontre que les deux volumes $\mathrm{Vol}_{r+1}(Y_r U^k s_r)$ et $\mathrm{Vol}_r(Y_{r-1} \partial U^k s_r)$ tendent vers zéro.

Il suffit de choisir la chaîne Yt (t, simplexe de $U^k s_r$) telle que la somme des valeurs absolues de ses coefficients soit bornée.

Pour construire la suite $U^k s_r$ on utilisera tout d'abord une suite de subdivisions cellulaires de s_r telles que le produit du nombre des r-cellules d'une subdivision par la $r^{\text{ième}}$ puissance du maximum de leurs diamètres reste borné; ceci assure la convergence vers zéro de la première intégrale. Pour la deuxième, on utilise une propriété analogue des cellules de dimension $(r-1)$ situées sur le bord ∂s_r de s_r. La subdivision $U^k s_r$ est subdivision barycentrique de la $k^{\text{ième}}$ subdivision cellulaire considérée.

2. *Application.* — Soit f une application de classe C^2 de la sphère à $(2n-1)$ dimensions S_{2n-1} sur la sphère S_n; soit A^n une forme différentielle sur S_n, telle que $\int_{S_n} A^n = 1$; a_n le cocycle correspondant. L'image $f^\star a^n$ de a^n par l'homomorphisme dual $f^\star$ correspond à la forme différentielle $f^\star A^n$ (définie par le changement de variables). Il existe une forme différentielle B^{n-1} dans S_{2n-1}, telle que

$$dB^{n-1} = f^\star A^n \qquad (d = \text{différentiation extérieure});$$

---

(3) E. R. Brändli und B. Eckmann, *Comm. Math. Helv.*, 24, 1950, p. 68-72.

soit b^{n-1} la cochaîne correspondante. On sait que $\gamma(f)=b^{n-1}\cup f^* a^n(S_{2n-1})$ où $\gamma(f)$ est l'invariant de Hopf de l'application f. [*cf.* par exemple Steenrod (⁴), le cup produit est un « produit fonctionnel » de Steenrod]. Comme le produit cup considéré ne dépend pas de la subdivision choisie pour S_{2n-1}, il s'ensuit

$$\gamma(f)=\int_{S_{2n-1}} B^{n-1} f^* A^n.$$

Cette formule se réduit à la formule de J. H. C. Whitehead (¹) pour $n=2$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Premiers éléments de l'arithmétique des substitutions aléatoires.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

1. Désignons par $s_\nu=\nu(0, 1, \ldots, N-1)$ les $N=n!$ substitutions certaines (sub. c.) formées avec n objets A_h (h entier défini mod n; s_0 désignera la sub. unité). Une substitution aléatoire (sub. al.) S est définie par les N probabilités

$$p_\nu=\Pr\{S=s_\nu\} \qquad (p_\nu\geq 0,\ \Sigma p_\nu=1)$$

Soit $\alpha_{h,k}$ la probabilité que S transforme A_h en A_k. Sauf si $n=2$, une sub. al. n'est en général pas définie par la donnée des $\alpha_{h,k}$. Mais il peut arriver qu'elle le soit. Ainsi, si $p_0+p_1=1$ (et $0<p_0<1$), et si, abstraction faite des éléments invariants, s_1 comprend r cycles, elle le sera si $r=1$, et seulement dans ce cas.

2. Nous dirons que s_ν est, pour S, une détermination *possible*, si $p_\nu>0$, et appellerons *groupe de* S, et désignerons par G, ou G(S), le plus petit groupe contenant tous les s_ν possibles. Soit N′ son ordre; nous désignerons par L la *sub. limite* (lim.) obtenue en prenant $p_\nu=1/N'$ pour les $s_\nu\in G$ (donc zéro pour les autres). On sait qu'elle est la limite, au moins au sens de Cesàro, de la suite des S^r, c'est-à-dire que

$$\lim_{r\to\infty}\frac{1}{r}\sum_1^r \Pr\{S^\rho=s_\nu\}=\frac{1}{N'} \qquad (s_\nu\in G).$$

De même les probabilités $\alpha^r_{h,k}$ relatives à S^r tendent en moyenne vers celles relatives à L. Remarquons que, si le groupe G n'est pas transitif, c'est-à-dire si les états A_h constituent plusieurs groupements invariants par tous les $s_\nu\in G$, il peut y avoir une corrélation entre ces groupements; on ne pourra pas toujours les étudier séparément.

Si le groupe de S coïncide avec celui d'une sub. lim. L, ou s'il en est un sous-groupe, on a

$$SL=LS=L. \tag{1}$$

(⁴) *Ann. Math.*, 50, 1949, p. 954-988.

3. Une sub. al. S sera dite *indécomposable* si elle ne peut être mise sous la forme $S' S''$ qu'en prenant, soit pour S', soit pour S'', une sub. c. Si $n=2$, il n'y a pas d'autre sub. indécomposable que les sub. c. s_0 et s_1. Si $n>2$, si s_1 est une permutation circulaire d'au moins trois éléments A_h (les autres étant invariants), et si p_0 et p_1 sont seuls positifs, S est indécomposable. Il est facile de donner d'autres exemples de sub. al. indécomposables.

Une sub. limite L n'est jamais indécomposable. Elle sera dite *semi-indécomposable* si elle n'admet pas d'autres décompositions que celles données par (1), ou obtenues en prenant pour un des facteurs une sub. c. Si G est le groupe des puissances d'une permutation circulaire de n' éléments (les autres étant invariants), L est semi-indécomposable si $n' \leq 3$, et dans ce cas seulement.

4. Une sub. al. S est *indéfiniment divisible* (ind. div.) si, quel que soit $\varepsilon > 0$, elle peut être mise sous la forme $S_1 S_2 \ldots S_r$, tous les S_ρ vérifiant la condition

$$\Pr\{S_\rho = s_0\} > 1 - \varepsilon.$$

Si $n=2$, la condition nécessaire et suffisante pour que S soit ind. div. est $p_0 > 1/2$. Nous nous proposons de revenir sur l'étude des sub. al. ind. div. Indiquons seulement que, si G est le groupe des puissances d'une permutation circulaire de n' éléments ($n' \leq n$), le problème se ramène (comme celui posé au n° 3) au problème analogue relatif à l'addition des var. al. entières définies mod n', que nous avons étudié antérieurement [1]. Comme un produit de plusieurs sub. ind. div. est ind. div., on définit aisément des classes étendues de sub. ind. div.

On sait que, dans l'arithmétique de l'addition des var. al., une loi quelconque est (et souvent d'une infinité de manières) le produit d'une loi ind. div. et d'un produit (fini ou infini) de lois indécomposables. On a ici un théorème analogue, mais un peu moins simple, à cause de l'existence des lois L qui peuvent être semi-indécomposables, donc non réductibles à des facteurs d'une des formes précédentes ; il faut donc les introduire, dans la formule générale, sous la forme d'un troisième facteur [2].

---

[1] *Bull. Soc. math.*, 67, 1939, p. 1-41. Il faut seulement noter que l'addition d'une constante, considérée comme possible à la fin de l'énoncé de la page 40, ne l'est pas ici. Remarquons aussi que zéro est la valeur la plus probable pour ce qui était appelé à cet endroit un produit de lois de Poisson, ce qui résout le problème que nous avions posé en note.

[2] Le fait que L soit représentable par la forme S_1^{ω} (produit infini de facteurs identiques) ne permet pas de considérer cette sub. comme ind. div. ; la convergence au sens de Bernoulli d'un tel produit n'empêche pas qu'on soit dans le cas de divergence essentielle. Si d'ailleurs on admettait la représentation $L = S_1^{\omega}$, on introduirait de nouvelles difficultés, relatives au cas où le groupe de L ne peut faire varier que n' éléments A_h ($n' < n-1$), et où la définition de S implique une corrélation entre L et la permutation des $n - n'$ autres éléments.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude d'un écoulement de révolution en milieu poreux : cas d'un puits n'atteignant pas le fond.* Note (*) de M. **Mladen Boreli**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'espace est rapporté au système de coordonnées cylindropolaires ρ, z, θ, z étant pris suivant la verticale ascendante. Un milieu poreux isotrope, caractérisé par le coefficient de Darcy K, est limité par : 1° le fond imperméable : $z=0$; 2° un puits cylindrique : $\rho=r$, $z \geqq s > 0$, limité inférieurement par le fond $0 \leqq \rho \leqq r$, $z=s$; latéralement par les parois $\rho=r$, $z>s$; les frontières sont perméables au liquide sans perte de charge; le liquide remplit le puits jusqu'à la cote $z=s+t$ $(t>0)$.

Les paramètres r, s, t sont des données.

Nous nous proposons de construire un écoulement de révolution autour de Oz, à potentiel $\varphi(\rho, z)$, d'un liquide à surface libre de forme inconnue, *a priori*, dont la demi-méridienne L joint le point à l'infini à un point de la surface latérale du puits, de cote $s+h_s$, inconnue *a priori* $(h_s>s+t)$ (1). Le problème du puits correspondant (problème A) ne semble pas pouvoir être résolu explicitement dans l'état actuel de l'analyse. Dès lors nous avons eu recours aux méthodes d'approximation. Celle que nous avons employée est une variante du procédé classique de relaxation. Nous utilisons, en particulier, l'expression ci-après du résidu :

$$(1)\quad a^2\Delta\varphi=\frac{1}{1+\lambda_4}\left[(\varphi_2-\varphi_0)\left(2+\frac{\lambda_4}{n}\right)+\frac{\varphi_4-\varphi_0}{\lambda_4}\left(2-\frac{1}{n}\right)\right]+\frac{a^2}{b^2}\,\frac{2}{1+\lambda_3}\left[\varphi_1-\varphi_0+\frac{\varphi_3-\varphi_0}{\lambda_3}\right],$$

les nœuds de l'étoile étant na, z_0; na, z_0-b; $na+a, z_0$; $na, z_0+\lambda_3 b$; $na-\lambda_4 a, z_0$ qui nous paraît nouvelle, dont le maniement s'est révélé pratique et qui diffère notablement de la formule classique (2)

$$(2)\qquad a^2\Delta\varphi=(\varphi_2-\varphi_0)+\frac{\varphi_4-\varphi_0}{\lambda_4}+\frac{(\varphi_2-\varphi_4)}{n(1+\lambda_4)}+\frac{a}{b}\left[(\varphi_1-\varphi_0)+\frac{\varphi_3-\varphi_0}{\lambda_3}\right].$$

Les formules (1) et (2) ne sont équivalentes que dans le cas des étoiles régulières; les avantages de (1) sont particulièrement appréciables : 1° dans l'exploration au voisinage des singularités; 2° dans l'approximation des conditions aux limites le long d'une ligne de courant, spécialement dans le cas où cette

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) Muskat, *Flow of homogeneaus fluids*, Michigan, 1946, p. 290.

(2) J. Mc Nown, En-Yun Hsu and Chia-Shun Yih, *Proc. A.S.C.E.*, **79**, Separate 223, p. 4.

ligne de courant est une surface libre; 3° dans l'étude des champs tels que

a. $$\frac{\partial\varphi}{\partial z} : \frac{\partial\varphi}{\partial r} \text{ est} \neq 0 \quad \text{ou} \quad \infty;$$

b. $$\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right) \neq 0.$$

Nous avons, en effet, mis en évidence l'avantage de l'emploi de (1) dans l'étude de plusieurs écoulements classiques (p. ex. problème d'un puits artésien).

Appelons : R, la valeur maxima de ρ atteinte par nos calculs : $R = 112r$; H, la cote de L correspondant à R; Q, le débit du puits; h la cote d'un point de L.

On peut représenter l'ensemble de nos calculs au moyen des formules suivantes :

Formule du débit :

$$\frac{Q}{K\pi H^2} = \frac{\left(1 - \frac{s}{H}\right)^2 - \left(\frac{t}{H}\right)^2}{2,3 \log \frac{R}{r}} \left[1 + \left(0,29 + 10\frac{r}{H}\right) \sin\left(1,8\frac{s}{H}\right)\right], \tag{3}$$

les paramètres s/H, t/H, r/H, $Q/K\pi H^2$ sont des paramètres essentiels du problème. La formule (3) est valable pour

$$0 < \frac{s}{H} < 0,9.$$

Équation de L :

$$(4) \left\{ \begin{array}{ll} a. \quad \frac{\rho}{h} > 1,5; & \frac{H^2 - h^2}{2,3 \log \frac{R}{\rho}} = \frac{Q}{K\pi} \quad \text{(formule de Dupuit)}; \\ b. \quad 0,3 < \frac{\rho}{h} < 1,5; & \frac{\left[1 - 0,8\left(\frac{s}{H}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\left(1 - \frac{h}{H}\right)}{2,3 \frac{Q}{K\pi H^2} \log \frac{10R}{H}} = \Gamma; \qquad \Gamma = 0,3 \log \frac{R}{\rho}; \\ c. \quad 0,03 < \frac{\rho}{h} < 0,3; & \Gamma = 0,3 \log \frac{R}{\rho} - 0,065 \log^2 \frac{R}{\rho} + \Delta C; \\ & \Delta C = \frac{s}{H}\left[\log \frac{R}{10\rho}\left(1,2\frac{s}{H} - 0,48\right) + 0,6 \log\left(2,4\frac{R}{H}\right) \log \frac{R}{34\rho}\right]. \end{array} \right.$$

L'application des formules (4*b*) et (4*c*) est limitée par

$$0 < \frac{s}{H} < 0,6.$$

Dans une publication ultérieure, nous discuterons de la portée des résultats ainsi acquis et nous comparerons nos conclusions aux résultats actuellement considérés comme classiques.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Températures réalisables par rencontres d'ondes de détonation*. Note (*) de M. **Serge Travers**, présentée par M. Joseph Pérès.

La rencontre normale de deux ondes de choc aériennes (ou la réflexion normale de l'une d'elles sur un obstacle inébranlable) permet de doubler leur température en milieu inerte, et d'obtenir ainsi des éclairs lumineux à environ 30 000° K dans l'argon (Muraour et Michel-Lévy). En milieu explosif, la puissance destructrice des ondes de détonation suggère naturellement l'idée d'augmenter encore l'effet par rencontre normale, mais la température obtenue dépend surtout de la chaleur spécifique et de l'énergie par unité de masse, non de l'énergie par unité de volume. Le calcul esquissé ci-après montre que l'augmentation de température à espérer d'une rencontre normale d'ondes de détonation sera généralement bien inférieure à la moitié de la température avant rencontre.

Cette température dépassant généralement 3 000° K, la pression interne peut être négligée, l'équation d'état des fumées prise approximativement de la forme $p(v-\alpha)=RT$ où le covolume α aux pressions de 100 000 à 500 000 kg/cm² est environ moitié du covolume à l'état normal. Si nous posons $\varpi=p/p_0$, $\omega=(v-\alpha)/(v_0-\alpha)$ ou p_0 et v_0 sont les valeurs avant rencontre, l'adiabatique de choc répond à l'équation classique de Rankine-Hugoniot : $\omega=[(\gamma-1)\varpi+(\gamma+1)]/[(\gamma+1)\varpi+(\gamma-1)]$.

Si u est la discontinuité de vitesse, l'augmentation relative de température absolue $\theta-1=(T/T_0)-1$ est encore la même fonction classique de u/A_0 si $A_0^2=\gamma RT_0$. Les tables publiées notamment chez Eyrolles, à la fin de mon livre sur les ondes de choc, permettent donc de calculer θ à condition de connaître γ ainsi que u et T_0 avant rencontre.

D'après la théorie classique des ondes de détonation, la vitesse de déplacement u est toujours voisine de la racine carrée de la force de l'explosif — donc d'un kilomètre à la seconde pour les explosifs puissants.

La vitesse du son à densité normale varie d'environ 0,9 à 1,2 km/s quand T_0 varie de 3 000 à 5 000° K, les fumées se composant surtout de N_2, H_2O, CO, CO_2; u/A_0 est donc toujours assez voisin de l'unité.

γ étant peu supérieur à 1,2 ce rapport u/A_0 correspond à une compression relative ϖ peu supérieur à 3 par la formule classique :

$$\left(\frac{u}{A_0}\right)^2=\frac{2(\varpi-1)^2}{\gamma[(\gamma+1)\varpi+(\gamma-1)]}.$$

Donc θ est peu supérieur à 1,23 par la formule également classique $\theta=\omega\varpi$ avec ω voisin de 0,41.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

Comme γ diminue généralement à haute température, et que la diminution du covolume à hautes pressions et températures s'accompagne d'une augmentation d'énergie interne, l'emploi d'ondes de détonation à 5000° K ne doit guère permettre de dépasser 6 000° K par rencontre directe.

Avec des explosifs puissants condensés à la densité d'environ 1,6 on peut ainsi dépasser 500 000 kg/cm² mais l'effet mécanique d'une pareille pression uniforme sur un métal compact doit rester assez médiocre, tant que l'application de la pression ne dépasse pas dix microsecondes (masses d'explosif de quelques kilogrammes).

Les gaz tonnants (mélange oxyacétylénique par exemple) ne produiraient par rencontre sans concentration, qu'une température un peu plus élevée (γ de 1,3 au lieu de 1,2) avec une pression médiocre (inférieure à 200 kg même pour le mélange oxyacétylénique).

Pour dépasser 10 000° K, il paraît nécessaire d'opérer en atmosphère peu dense, où la vitesse de détente des fumées produites par l'explosif condensé, $2\,A_0/(\gamma-1)$, dépasse beaucoup — non seulement la vitesse de déplacement dans l'onde de détonation — mais la vitesse limite d'écoulement permanent.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Impossibilité de décomposer la fonction d'onde* $\psi(M_1, \ldots, M_i, \ldots, M_N)$ *d'une assemblée de fermions* M_i *en un produit de fonctions d'onde* $\psi_i(M_i)$, *individuelles.* Note (*) de M. **Georges Bodiou**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'état d'un ensemble de N particules est décrit par une « onde » ψ, fonction complexe des coordonnées des N particules

$$\psi(x_1, y_1, z_1; \ldots; x_N, y_N, z_N) = \psi(M_1, \ldots, M_N) = \psi(P),$$

où P est un point ayant pour coordonnées $x_1, \ldots, z_N$, dans un espace à 3N dimensions, dit espace de configuration $(\mathcal{C})$. On suppose cette onde normée sur $(\mathcal{C})$. On sait que l'on traduit le principe d'exclusion de Pauli, auquel satisfont les fermions, en imposant à l'onde $\psi(P)$ la condition d'être antisymétrique par rapport aux particules M_i dont les coordonnées sont ses arguments.

Si la fonction $\psi(P)$ est décomposable en produit de la forme

$$\psi(P) = \prod_{i=1}^{i=N} \psi_i(M_i) = \psi_1(M_1)\ldots\psi_i(M_i)\ldots\psi_N(M_N),$$

il est immédiat, et bien connu, que l'on doit avoir

$$\psi_i(M) \not\simeq \psi_j(M),$$

(*) Séance du 30 novembre 1953.

sinon l'antisymétrie de $\psi(P)$ pour la permutation de M_i et de M_j ne serait compatible qu'avec $\psi(P)=0$.

Mais nous voulons montrer que l'antisymétrie est incompatible avec la décomposition envisagée, même si toutes les fonctions d'ondes individuelles $\psi_i(M)$ sont différentes.

Permutons dans cette décomposition M_i et M_j; la condition d'antisymétrie s'écrit :

$$\psi_i(M_i)\,\psi_j(M_j)+\psi_i(M_j)\,\psi_j(M_i)=0.$$

Soit alors (φ) une base orthonormale de l'espace de Hilbert des fonctions $\psi(M)$ de module carré sommable dans l'espace ordinaire à trois dimensions; les fonctions d'onde individuelles $\psi_i(M)$ sont décomposables sur cette base et l'on a par exemple :

$$\psi_i(M_i)=\sum_a C_{ia}\,\varphi_a(M_i) \qquad \text{et} \qquad \psi_j(M_j)=\sum_b C_{jb}\,\varphi_b(M_j),$$

d'où

$$\psi_i(M_i)\,\psi_j(M_j)=\sum_a\sum_b C_{ia}\,C_{jb}\,\varphi_a(M_i)\,\varphi_b(M_j),$$

et

$$\psi_i(M_j)\,\psi_j(M_i)=\sum_a\sum_b C_{ia}\,C_{jb}\,\varphi_a(M_j)\,\varphi_b(M_i)=\sum_a\sum_b C_{ib}\,C_{ja}\,\varphi_b(M_j)\,\varphi_a(M_i).$$

L'antisymétrie nécessiterait donc

(1) $$C_{ia}\,C_{jb}+C_{ib}\,C_{ja}=0.$$

Supposons alors que l'état $\psi_j(M_j)$ soit tel que C_{ja}, C_{jb}, C_{jc}, soient simultanément non nuls; les trois équations telles que (1) dans lesquelles ils figurent ont pour seule solution : $C_{ia}=0$, $C_{ib}=0$, $C_{ic}=0$. Donc si l'un des états individuels de décomposition a trois composantes non nulles sur une base quelconque, tout autre état de décomposition a les mêmes composantes nulles. Il ne peut donc y avoir que deux couples de composantes simultanément non nulles sur un même vecteur de base pour deux des états individuels $\psi_i(M_i)$ et $\psi_j(M_j)$, qui sont alors de la forme :

$$\psi_i(M_i)=x\,\varphi_a(M_i)+y\,\varphi_b(M_i)+\ldots \qquad \text{et} \qquad \psi_j(M_j)=x\,\varphi_a(M_j)-y\,\varphi_b(M_j)+\ldots,$$

a et b étant les seuls indices communs aux deux seconds membres.

Mais il est immédiat que le caractère de ces décompositions de $\psi_i(M_i)$ et de $\psi_j(M_j)$, de ne comporter que deux indices communs, n'est pas invariant quand on change la base orthonormale sur laquelle ces décompositions sont faites.

L'antisymétrie de $\psi(P)$ impose donc à deux quelconques des états individuels figurant dans sa décomposition en produit de ne pas avoir de composantes simultanément non nulles sur un même axe d'une base quelconque de l'espace

de Hilbert des états individuels. Mais il est impossible de satisfaire à une telle condition, car on peut construire une telle base orthonormale en se donnant arbitrairement son premier axe et l'on peut par suite le choisir de telle sorte que $\psi_i(M)$ et $\psi_j(M)$ ne lui soient pas simultanément orthogonaux.

L'antisymétrie de l'onde d'un ensemble de fermions est donc bien incompatible avec sa décomposition en produits d'ondes individuelles.

On peut interpréter ce résultat du point de vue probabiliste en disant qu'il est impossible que les probabilités de répartitions des N fermions sur les états d'une base puissent être considérées comme des probabilités du second ordre par rapport à des probabilités, pour chacun de ces fermions, d'être dans l'un ou dans l'autre de ces états; l'étude d'un ensemble de fermions est irréductible à celles de ses membres, quant au calcul des probabilités.

Si, d'autre part, l'on considère, comme on le fait généralement, que la décomposition de l'onde de l'ensemble en produit d'ondes individuelles est caractéristique de l'absence d'interactions entre les particules appartenant à l'ensemble, on doit conclure qu'il est impossible qu'un ensemble de fermions soit sans interactions; ces interactions ont le caractère singulier d'être implicites, mais leur existence paraît assez intuitive si l'on se demande comment une particule pourrait interdire son état aux autres particules de l'ensemble sans agir sur elles.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Intégrales de Fourier covariantes et résolution du problème de Cauchy pour les particules libres de spin* 1/2 *et* 1. Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Rectification de notre formule (¹) réciproque d'une formule covariante de Marcel Riesz (²). Relation avec une formule de Schwinger (³), et extension au formalisme de Kemmer (⁴).

Le développement de la solution la plus générale de l'équation de Dirac ($a_\lambda = \gamma_\lambda$) ou de Kemmer ($a_\lambda = \beta_\lambda$)

(1) $(a_\lambda \partial^\lambda + k_0)\,\psi(x) = 0, \quad (a_\lambda k^\lambda - ik_0)\,\varphi(k) = 0, \quad k_\lambda k^\lambda = -k_0^2 \quad (\lambda, \mu, \nu, \rho = 1, 2, 3, 4)$

peut être écrit sous la forme covariante (¹), (²)

$$(2)\qquad (2\pi)^{\frac{3}{2}}\psi(x) = -i\iiint_{\mathcal{H}} a^\lambda\,\delta v_\lambda\, e^{ik^\mu x_\mu}\,\varphi(k) = \iiint_{\mathcal{H}} \delta v\, e^{ik^\mu x_\mu}\,\varphi(k),$$

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 804; *Particules fondamentales et noyaux*, Paris, 1953, p. 207-216.

(²) *Actes du Xᵉ Congrès des Mathématiciens Scandinaves*, Copenhague, 1946, p. 123-148.

(³) *Phys. Rev.*, **74**, 1948, équat. (**2**.23) et (**2**.24), p. 1451; **75**, 1949, équat. (A.29), p. 678.

(⁴) *Proc. Roy. Soc.*, A, **952**, 1939, p. 91-116; *voir* notamment équat. (6) et (62).

où $\mathcal{H}$ désigne l'hyperboloïde à deux nappes d'équation (1₃) et d'élément trilinéaire δv_λ, ou $\delta v (\delta v > 0)$,

$$i\delta v_\lambda = [dk_\mu dk_\nu dk_\rho], \qquad k_0 \delta v_\lambda = k_\lambda \delta v. \tag{3}$$

Séparant les contributions à ψ des nappes $\mathcal{H}_\pm$ à énergies positives et négatives, et se limitant pour simplifier aux valeurs $x_4 = 0$, (2) se ramène à l'une et l'autre paire d'intégrales de Fourier

$$(4) \quad \begin{cases} (2\pi)^{\frac{3}{2}} \psi_\pm(\vec{x}, 0) = \mp ik_0 \displaystyle\iiint_{k_4=0} d^3\vec{k}\, e^{i\vec{k}.\vec{x}} \frac{1}{k_4} \varphi(\vec{k}_\pm), \\ (2\pi)^{\frac{3}{2}} \partial_4 \psi_\pm(\vec{x}, 0) = \pm k_0 \displaystyle\iiint_{k_4=0} d^3\vec{k}\, e^{i\vec{k}.\vec{x}} \varphi(\vec{k}_\pm). \end{cases}$$

Compte tenu de l'orthogonalité, en évidence, des $\psi_\pm$ et $\partial_4\psi_\pm$ avec les ondes planes $k^\lambda_\mp$, les formules réciproques des (4) sont

$$(5) \quad (2\pi)^{\frac{3}{2}} \varphi(\vec{k}_\pm) = \pm \frac{i}{k_0} \iiint_{x_4=0} d^3\vec{x}\, e^{-i\vec{k}.\vec{x}} k_4 \psi(\vec{x}, 0) = \pm \frac{1}{k_0} \iiint_{x_4=0} d^3\vec{x}\, e^{-i\vec{k}.\vec{x}} \partial_4 \psi(\vec{x}, 0).$$

Je dis alors que, $\mathcal{E}$ désignant une hypersurface quelconque du genre espace d'élément $i\delta u_\lambda = [dx_\mu dx_\nu dx_\rho]$, et posant comme d'habitude $\varepsilon(k) = (k_4/i) : |k_4/i|$, la formule covariante réciproque de (2) est

$$(6) \quad (2\pi)^{\frac{3}{2}} \varphi(k) = \frac{i}{2k_0} \iiint_{\mathcal{E}} \varepsilon(k)\, e^{-ik^\lambda x_\lambda} (ik^\mu + \partial^\mu)\, \psi(x)\, \delta u_\mu;$$

l'on s'assure en effet, par une transformation d'intégrale, qu'en vertu de l'équation d'onde le $\varphi(k)$ défini par (6) est indépendant de $\mathcal{E}$, et d'autre part que, si $\mathcal{E}$ se réduit à l'hyperplan $x_4 = 0$, (6) se réduit à une conséquence immédiate des (5). (6) remplace la formule inexacte que nous avions précédemment donnée ([1]) (la quantité $\partial_\lambda[e^{-ik^\mu x_\mu} k^\lambda \psi(x)]$ n'est pas nulle, comme nous le prétendions, mais seulement intégralement nulle dans un 4-domaine s'étendant à l'infini spatial, ce qui invalide notre ancienne argumentation).

La dérivée normale, qui apparaît dans (6), n'est pas une donnée indépendante dans le cas de la particule de Dirac ou de Kemmer. En effet, compte tenu de l'équation d'ondes, prise sous la forme $\partial^\mu\psi = P^\mu\psi$, et d'une intégration par parties qui fait apparaître une intégrale double nulle, prise sur le contour à l'infini de $\mathcal{E}$, (6) peut être mise sous la forme

$$(7) \quad (2\pi)^{\frac{3}{2}} \varphi_{(\frac{1}{2})}(k) = \frac{i}{2k_0} \iiint_{\mathcal{E}} \varepsilon(k)\, e^{-ik^\lambda x_\lambda} \{ (i\gamma^\mu k_\mu - k_0)\, \gamma^\nu \}\, \psi(x)\, \delta u_\nu$$

dans le cas de la particule de Dirac, ou sous la forme

$$(8) \quad (2\pi)^{\frac{3}{2}} \varphi_{(1)}(k) = \frac{i}{2k_0} \iiint_{\mathcal{E}} \varepsilon(k)\, e^{-ik^\lambda x_\lambda} \{ ik^\nu + ik_\mu (\beta^\mu\beta^\nu - \beta^\nu\beta^\mu) - k_0\beta^\nu \}\, \psi(x)\, \delta u_\nu$$

dans le cas de la particule de Kemmer ([4]); sur ces formes, on s'assure à nouveau qu'en vertu de l'équation d'ondes le $\varphi(k)$ est indépendant de $\mathcal{E}$.

Portant (6), (7) ou (8) dans la formule de Marcel Riesz généralisée (2), l'on résout, pour la particule libre, le problème de Cauchy sous la forme

$$(9)\qquad \psi(x') = \iiint_{\mathcal{E}} S^{\lambda}(x'-x)\,\psi(x)\,\delta u_{\lambda}(x)$$

avec, $D(x)$ étant la fonction bien connue de Stueckelberg,

$$(10)\qquad S^{\lambda}(x) = D(x)\,(ik^{\lambda} + \partial^{\lambda}), \qquad D(x) = \frac{i}{2\,k_0(2\pi)^3} \iiint_{\mathcal{H}} \varepsilon(k)\, e^{ik^{\rho}x_{\rho}}\,\delta v,$$

ou encore, pour le *fermion* et le *boson* respectivement, sous les formes intégralement équivalentes à la précédente

$$(11)\qquad S^{\lambda}_{(\frac{1}{2})}(x) = \{(\gamma^{\mu}\,\partial_{\mu} - k_0)\,\gamma^{\lambda}\}\,D(x),$$

$$(12)\qquad S^{\lambda}_{(1)}(x) = \{\partial^{\lambda} + \partial_{\mu}(\beta^{\mu}\beta^{\lambda} - \beta^{\lambda}\beta^{\mu}) - k_0\beta^{\lambda}\}\,D(x).$$

Compte tenu de la rectification ci-incluse, la forme (10) est celle que nous avions indiquée, valable pour tous les cas de spin. (11) a été donnée par Schwinger ([3]).

Notre analyse ([1]) de l'expérience de diffraction-hachage, dont une récente théorie est due à Moshinsky ([5]), serait à reprendre en utilisant les expressions correctes (7) et (8) ou (11) et (12); en utilisant l'expression intégrale, connue, de D, l'on pourrait ainsi réunir la complétude analytique de l'étude de Moshinsky avec la prise en considération, que nous avons faite, des énergies négatives.

DIÉLECTRIQUES. — *Méthode pour la mesure de la constante diélectrique des gaz dans la bande des hyperfréquences.* Note de MM. **Adriano Gozzini** et **Eliseo Polacco**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous allons décrire une méthode qui permet de mesurer la constante diélectrique des gaz dans la bande des ondes centimétriques. L'appareil représenté schématiquement sur la figure 1 fonctionne autour de 10.000 MHz et permet de déterminer la valeur de ε par la mesure de la variation d'un intervalle de temps. Un klystron est modulé en fréquence suivant une loi linéaire par une tension en dents de scie appliquée à l'électrode de répulsion et alimente un T dont les bras symétriques sont connectés à deux cavités à Q élevé, vides et accordées sur deux fréquences légèrement différentes ν' et ν'' (*fig.* 1). Les cavités sont fortement découplées entre elles et le générateur au moyen d'atténuateurs résistifs et fonctionnent en transmission. Le klystron oscille entre les fréquences ν_0 et ν_1 et l'on a : $\nu_0 < \nu' < \nu'' < \nu_1$.

([5]) *Phys. Rev.*, **88**, 1952, p. 625-631.

Dans ces conditions, l'intervalle de temps qui s'écoule dans le passage du klystron entre les fréquences ν', ν'' ou entre deux fréquences occupant la même position sur les courbes de résonances des cavités sera

$$t''-t'=\frac{T}{\nu_1-\nu_0}(\nu''-\nu'),$$

où T est le temps mis par le klystron pour parcourir l'intervalle $(\nu_0-\nu_1)$. En introduisant dans la seconde cavité un gaz de constante diélectrique ε, elle

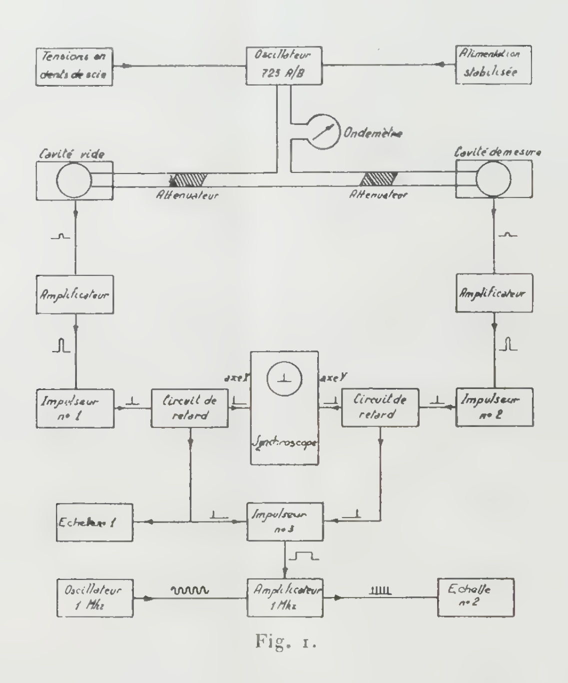


Fig. 1.

résonnera sur la fréquence $\nu''/\sqrt{\varepsilon}$ et l'intervalle de temps $t''-t'$ diminuera d'une quantité

$$\Delta t=\frac{T}{\nu_1-\nu_0}\nu''\frac{\varepsilon-1}{2}$$

avec les approximations compatibles avec la petitesse de $\varepsilon-1$. De la mesure du Δt obtenu en remplissant la cavité avec le gaz, on peut donc conclure à la valeur de la constante diélectrique de ce même gaz dans l'hypothèse que celle-ci est réelle, c'est-à-dire que sont négligeables les pertes diélectriques. Dans notre expérience on a

$$\nu_1-\nu_0=9,5\ \text{MHz},\qquad \nu''=9\,500\ \text{MHz},\qquad T=2.10^{-2}\,\text{s}$$

de sorte qu'une variation $\Delta t=10^{-6}\,$s obtient en remplissant la cavité avec un gaz de constante diélectrique $\varepsilon=1+10^{-7}$. Pour la mesure de Δt, les signaux transmis par chaque cavité, rectifiés par des diodes 1 N 23 et fortement amplifiés sont acheminés vers deux circuits (impulseurs 1 et 2). A la sortie de ces circuits

on obtient une impulsion de tension étroite qui se déclenche lorsque le signal à l'entrée a atteint une amplitude déterminée, c'est-à-dire lorsque le klystron passe par une fréquence déterminée sur la courbe de résonance de la cavité qui pilote ce même circuit. L'impulsion issue de la première cavité pilote un

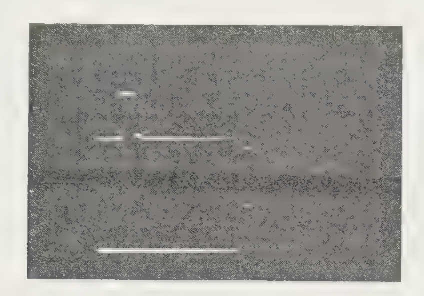


Fig. 2. — L'oscillogramme supérieur a été obtenu avec la cavité vide, l'oscillogramme inférieur avec la cavité pleine d'air à la pression de 2 cm Hg. Le marquage est de 10 μs.

synchroscope sur l'axe y duquel on envoie l'autre impulsion. On peut de la sorte mesurer le retard entre les deux impulsions et la variation du retard produit par le gaz. Des retards artificiels insérés dans la sortie des impulseurs permettent l'emploi de diverses vitesses de balayage du synchroscope. La figure 2 montre l'effet.

MAGNÉTISME. — *Sur la définition d'un état ferromagnétique de stabilité maximum.* Note de MM. **Jean Creusot** et **André Langevin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Soit B l'induction d'un corps ferromagnétique isotrope à l'échelle macroscopique et soumis à un champ magnétique statique H. On sait que la fonction expérimentale $B = F(H)$ n'est pas une fonction biunivoque (phénomène d'hystérésis).

Nous avons cherché à réaliser pour chaque valeur de H l'état d'équilibre le plus stable de telle sorte que B soit une fonction biunivoque de H.

Pour obtenir ce résultat, pour chaque mesure, après avoir donné au champ inducteur la valeur H on superpose à ce champ statique H un champ alternatif H_a dont l'amplitude tend de façon continue vers zéro à partir d'une valeur suffisamment élevée. Nous mesurons B après l'annulation de H_a.

En opérant dans ces conditions avec des éprouvettes cylindriques de 6 mm de diamètre et de 27 cm de longueur et en mesurant l'induction atteinte à l'aide d'un perméamètre Köpsel-Siemens, nous avons constaté :

A. que B mesuré ne dépend plus de l'histoire magnétique des éprouvettes essayées.

B. que si l'on superpose à nouveau au champ magnétique statique H un champ alternatif pouvant atteindre une amplitude quelconque et que l'on recommence la lecture de B après que ce champ alternatif ait décru de façon continue jusqu'à zéro on retrouve le même résultat; au contraire si l'on part d'une autre valeur de B que celle définie ci-dessus et si l'on superpose dans les mêmes conditions un champ alternatif, on trouve systématiquement pour B de nouvelles valeurs qui se rapprochent toujours du point de stabilité maximum. Nous avons constaté qu'il en est de même si l'on soumet l'échantillon à des chocs.

C. que les courbes $B = F(H)$ ainsi obtenues présentent pour tous les échantillons étudiés (fer doux, acier doux, acier à 5, 10 et 15 % de cobalt et ferro-nickel), les caractères suivants :

a. Elles sont parfaitement symétriques par rapport à l'origine.

b. Leurs pentes à l'origine sont beaucoup plus fortes que celles des courbes de première aimantation correspondantes.

c. Pour H et B positifs, les courbes d'équilibre demeurent toujours au-dessus des courbes de première aimantation correspondantes.

d. Leur concavité, pour H et B positifs, est toujours dirigée vers le bas.

Nos mesures ont été faites avec des champs H qui ont varié entre 0,3 et 500 Oe. B était mesuré à $\pm$ 50 Gs près et H avec une précision de l'ordre du pour-cent.

Les courbes expérimentales $B = F(H)$ ainsi obtenues sont représentées avec une précision de l'ordre de 1 % par une fonction du type Paul Langevin :

$$B = B_m \left[\coth a(H + nI) - \frac{1}{a(H + nI)} \right]$$

B_m étant l'induction à saturation, I l'intensité d'aimantation, a et n étant des coefficients caractéristiques du ferromagnétique considéré.

On sait que cette fonction a été proposée en 1911 par Paul Langevin et Pierre Weiss, pour rendre compte de l'existence d'une aimantation spontanée des ferromagnétiques.

La théorie exposée par Paul Langevin [1] au congrès Solvay de 1911 permettant d'établir l'existence de l'aimantation spontanée des ferromagnétiques est donc valable pour le calcul de la valeur de B obtenue dans les conditions que nous avons définies, l'énergie RT des molécules porteuses du moment I_0 étant remplacée par une énergie W des éléments porteurs du moment magnétique du ferromagnétique.

---

[1] *Sur la théorie cinétique du magnétisme et les magnétons* (*Rapport au Congrès Solvay de* 1911), Gauthier-Villars, Paris, 1912.

MAGNÉTISME. — *Étude ferromagnétique de la cémentite polycristalline et monocristalline.* Note (*) de MM. **Pierre Blum** et **René Pauthenet**, transmise par M. Louis Néel.

L'aimantation à saturation de la cémentite Fe_3C polycristalline a déjà été étudiée aux basses températures par P. Weiss et R. Forrer [1] et par Ch. Guillaud [2]. Sur un échantillon de poudre, que nous devons à M. Jolibois, nous avons repris cette étude depuis 20,4° K et nous l'avons complétée par des mesures à hautes températures jusqu'au voisinage de 500° K. Les aimantations ont été mesurées par la méthode d'extraction axiale [3], dans des champs variables jusqu'à 19 500 Oe.

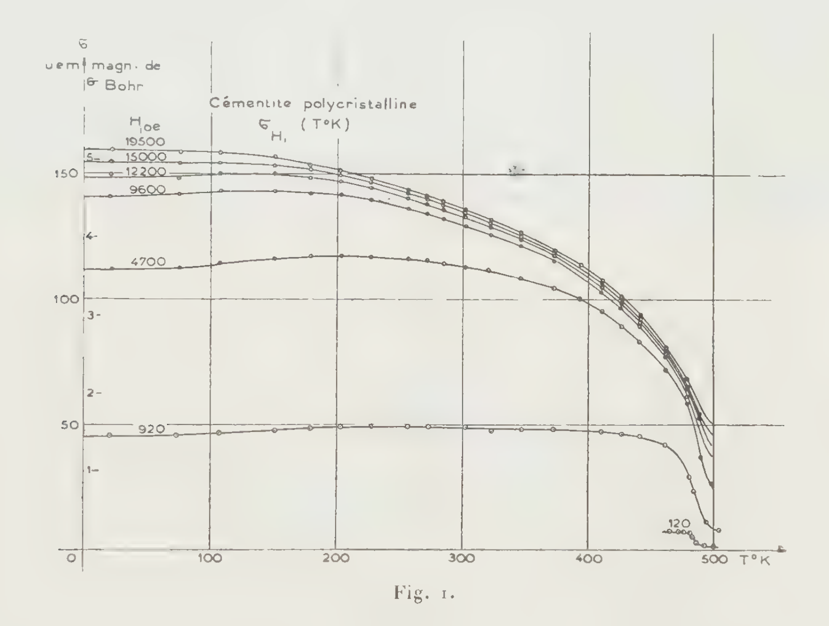


Fig. 1.

Nous avons représenté sur la figure 1 les variations de l'aimantation spécifique σ à champ intérieur H_i constant en fonction de la température T. Le point de Curie ferromagnétique est à 213° C. A basse température, la dureté magnétique, c'est-à-dire le coefficient des termes en 1/H dans la loi d'approche à la saturation, est très grande, de l'ordre de 980 à 260° K; elle croît quand la température décroît. Au-dessous de 200° K, la loi d'approche hyperbolique n'est pas valable dans le domaine de champs

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) *Ann. Phys.*, **12**, 1929, p. 279.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 614.

(3) R. Pauthenet, *Ann. Phys.*, **7**, 1952, p. 710.

considéré, de sorte que la précision de la détermination de l'aimantation à saturation absolue n'est pas très grande.

Nous avons obtenu des monocristaux de cémentite, sous forme de globules, au cours d'une opération d'électrolyse ignée; sous une légère pression, ces globules se sont scindés en petites plaquettes. L'examen aux rayons X, au moyen de diagrammes de Laüe et de cristal tournant, a montré que le plan de ces monocristaux orthorhombiques est (001).

Sur un échantillon pesant 0,22 mg, nous avons mesuré, par la même méthode que ci-dessus, la variation de l'aimantation en fonction du champ à 20,4 et 290° K, suivant la direction perpendiculaire au plan et suivant différentes directions dans le plan. En assimilant l'échantillon à un ellipsoïde aplati, nous avons pu déterminer son coefficient de champ démagnétisant moyen à 10 % près. En raison de la très grande anisotropie observée, l'imprécision sur la valeur exacte de ce coefficient n'affecte pas les positions relatives des courbes d'aimantation. Aux deux températures considérées, l'axe *c* est axe de facile aimantation du monocristal; dans le plan (001), les axes de facile et difficile aimantation sont respectivement les axes cristallographiques *a* et *b* (*fig.* 2).

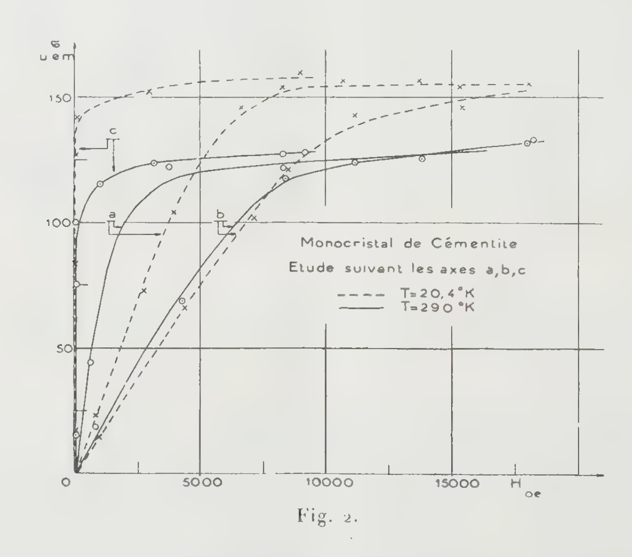


Fig. 2.

Si E_a, E_b, E_c désignent respectivement les énergies d'anisotropie magnétique suivant les axes *a*, *b*, *c*, aux températures considérées, on obtient pour $E_a - E_c$ et $E_b - E_c$ les valeurs approximatives suivantes :

T° K.	(E_a—E_c) (ergs/cm³).	(E_b—E_c) (ergs/cm³).
20,4	$3,68.10^6$	$6,97.10^6$
290	$1,18.10^6$	$3,94.10^6$

ÉLECTRONIQUE. — *Sur le tenseur de conductivité des plasmas électroniques en présence d'un champ magnétique constant.* Note (*) de MM. **Michel Bayet**, **Jean-Loup Delcroix** et **Jean-François Denisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

En supposant la fréquence moyenne des chocs indépendante de la vitesse, on montre que la forme du tenseur de conductivité donnée récemment par Jancel et Kahan diffère de celle obtenue antérieurement par divers auteurs : on montre qu'il faut pousser à un degré d'approximation plus élevé la méthode de Jancel et Kahan pour représenter correctement les termes de magnétorésistance.

Dans un article étudiant les propriétés électromagnétiques des plasmas en présence d'un champ magnétique constant, Jancel et Kahan [1] ont trouvé que la conductivité d'un tel milieu était un tenseur représenté par la matrice :

$$\|\sigma\| = \begin{vmatrix} \sigma_1 & \sigma_2 & 0 \\ -\sigma_2 & \sigma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma'_1 \end{vmatrix}. \tag{1}$$

Ce résultat est en contradiction avec ceux obtenus antérieurement par Huxley [2] et Bayet [3] notamment qui trouvent

$$\|\sigma\| = \begin{vmatrix} \sigma'_1 & \sigma'_2 & 0 \\ -\sigma'_2 & \sigma'_1 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma'_0 \end{vmatrix}. \tag{2}$$

Pour analyser la différence entre (1) et (2) appelons ω_H la fréquence gyromagnétique, f la fréquence moyenne des chocs, σ la conductibilité en l'absence de champ magnétique et supposons que le courant est continu ($\omega = 0$) et le paramètre ω_μ/F faible; les formules de Bayet conduisent alors pour les composantes du tenseur aux expressions suivantes, valables au second ordre en (ω_H/f) :

$$\left\{\begin{aligned} \sigma'_0 &= \sigma, \\ \sigma'_1 &= \sigma\left(1-\frac{\omega_H^2}{f^2}\right), \\ \sigma'_2 &= \sigma\frac{\omega_H}{f}\left(1-\frac{\omega_H^2}{f^2}\right). \end{aligned}\right. \tag{3}$$

Les formules de Jancel et Kahan conduisent de même aux expressions

$$\left\{\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma\left(1-\frac{\omega_H}{f^2}\right); \\ \sigma_2 &= \sigma\frac{\omega_H^2}{f}\left(1-\frac{\omega_H^2}{f^2}\right). \end{aligned}\right. \tag{4}$$

(*) Séance du 23 novembre 1953.

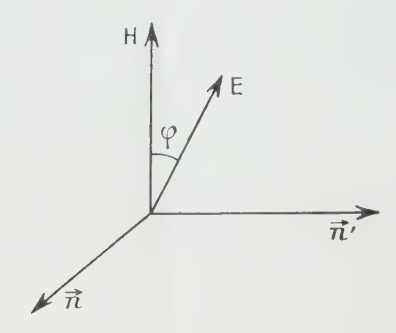
(1) *J. de Phys. Rad.*, **14**, 1953, p. 533-540.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, B **64**, 1951, p. 844.

(3) *J. de Phys. Rad.* (sous presse).

La différence essentielle est donc qu'ils prévoient le même terme de magnétorésistance dans la direction de H *que dans les directions perpendiculaires.*

La méthode employée par Jancel et Kahan qui utilisent l'équation de Boltzmann semble *a priori* plus sûre; mais leur solution néglige certains termes qui sont importants; en présence du champ électrique E et du champ magnétique H (*fig.* 1) la distribution des vitesses est forcément anisotrope; tout



d'abord du fait du champ électrique, il y a plus d'électrons dans la direction de E que dans la direction opposée, cet effet est proportionnel à E mais contrecarré par les chocs; pour en tenir compte nous sommes donc amenés à écrire la fonction de distribution des vitesses sous la forme

$$F(\vec{v}) = F(v) + \frac{E}{f} v_E G(v), \qquad v = |\vec{v}|, \qquad v_E = \frac{\vec{v}.\vec{E}}{|\vec{E}|}.$$

mais puisqu'il existe un courant global non nul suivant la direction de E, le champ magnétique H en agissant sur ce courant crée aussi une dissymétrie dans la direction du vecteur unitaire $\vec{n}$ perpendiculaire à $\vec{E}$ et $\vec{H}$; du fait des chocs cette dissymétrie est proportionnelle à $(E/f)(H/f)$, nous avons donc pour F la deuxième approximation :

$$F(\vec{v}) = F(v) + \frac{E}{f} v_E G(v) + \frac{E}{f} \frac{\omega_H}{f} \sin\varphi \, v_n H(v). \tag{5}$$

De même le courant suivant $\vec{n}$ produit du fait du champ magnétique une dissymétrie dans la direction de $\vec{n}' = \vec{n} \wedge \vec{H}$ et nous avons la troisième approximation :

$$F(\vec{v}) = F(v) + \frac{E}{f} v_E G(v) + \frac{E}{f} \frac{\omega_H}{F} \sin\varphi \, v_n H(v) + \frac{E}{f} \frac{\omega_H^2}{f^2} \sin\varphi \, v_n K(v). \tag{6}$$

Le raisonnement peut se répéter indéfiniment; à partir du point où nous en sommes on obtient des dissymétries portant alternativement sur les directions $\vec{n}$ et $\vec{n}'$; les termes successifs ainsi introduits forment un développement en série de F par rapport à la variable ω_H/f; en fait la question se complique du fait que les fonctions $F(v)$, $G(v)$, $H(v)$, $K(v)$ peuvent dépendre aussi de E et de H.

Toutefois, leur calcul effectué au moyen de l'équation de Boltzmann ([4]), montre que dans le cas où on néglige les termes en E^2 (champ électrique faible), $F(v)$ et $G(v)$ ne dépendent pas du champ magnétique, et $H(v)$ et $K(v)$ sont donnés par

$$(7)\quad \left\{ \begin{aligned} H(v) &= G(v)\left(1 - \frac{\omega_H^2}{f^2}\right), \\ K(v) &= \quad G(v)\left(1 - \frac{\omega_H^2}{f^2}\right). \end{aligned} \right.$$

Calculons maintenant la densité de courant à partir de la formule (6)

$$J = \frac{4\pi ne}{3F}\left[\left(\int G(v)v^4\,dv\right)\vec{E} + \frac{\omega_H}{f}\left(\int H(v)v^4\,dv\right)E\sin\varphi\,\vec{n} + \frac{\omega_H^2}{f^2}\left(\int K(v)v^4\,dv\right)E\sin\varphi\,\vec{n'}\right]$$

soit en tenant compte de (7) :

$$J = \sigma\vec{E} + \sigma\frac{\omega_H}{f}\left(1 - \frac{\omega_H^2}{f^2}\right)E\sin\varphi\,\vec{n} - \sigma\frac{\omega_H^2}{f^2}\left(1 - \frac{\omega_H^2}{f^2}\right)E\sin\varphi\,\vec{n'}.$$

Cette formule conduit facilement pour le tenseur de conductivité à des expressions identiques, au même ordre d'approximation, à (2) et (3). Jancel et Kahan se sont arrêtés dans leur calcul à ce que nous avons appelé la deuxième approximation [formule (5)]. On voit que pour obtenir les termes de magnétorésistance il faut pousser le calcul jusqu'à la troisième approximation et qu'on confirme alors les résultats de Bayet et Huxley.

SPECTROGRAPHIE. — *Spectre infrarouge de l'aneurine à l'état de base libre ou de sel, effet de la deutération.* Note (*) de M. **Henri Lenormant** et M[lle] **Christiane de Lozé**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Le spectre infrarouge de l'aneurine a déjà été étudié dans la région comprise entre 3450 et 1950 cm^{-1} ([1]). Il comporte de nombreuses bandes dont l'emplacement varie selon que la préparation a été obtenue à partir d'une solution acide (bichlorhydrate d'aneurine) ou alcaline (aneurine-base).

L'extension de l'étude à une région plus vaste (700 à 4000 cm^{-1}) et l'examen des modifications apportées au spectre par la deutération, permettent de préciser la signification des bandes.

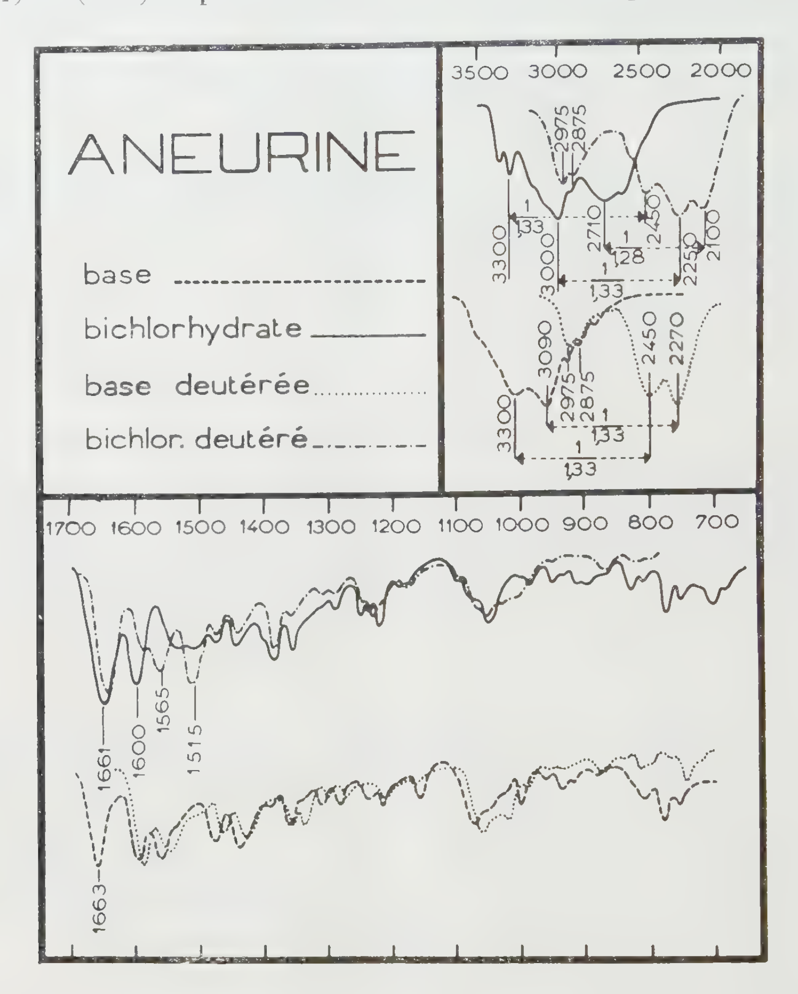
Au voisinage des courtes longueurs d'onde, le spectre du bichlorhydrate d'aneurine présente trois sommets à 3300, 3000 et 2710 cm^{-1}, que la deutération déplace à 2450, 2250 et 2100 cm^{-1}. Le spectre de l'aneurine-base a deux

([4]) M. Bayet, J.-L. Delcroix et J.-F. Denisse (article en préparation à paraître au *Journal de Physique*).

(*) Séance du 30 novembre 1953.

([1]) H. Lenormant et M. Herisson, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 815.

sommets à 3300 et 3080 cm^{-1}, déplacés par deutération à 2450 et 2270 cm^{-1}. Le rapport des fréquences, voisin de 1/1,33, confirme que ces bandes correspondent aux vibrations $\nu(NH_3^+)$ ou $\nu(NH_2)$ et $\nu(OH)$ de l'aneurine et $\nu(ND_3^+)$ ou $\nu(ND_2)$ et $\nu(OD)$ du produit deutéré. Par contre, le déplacement des bandes



en question fait apparaître deux sommets à 2975 et 2875 cm^{-1}, qui formaient seulement de petits épaulements sur la courbe du produit non deutéré (dans le bichlorhydrate, l'épaulement à 2975 cm^{-1} se trouvait masqué par la bande 3000 cm^{-1}).

Ils caractérisent les vibrations du CH_2 qui n'est pas atteint par la deutération.

Pour le reste du spectre, les variations sont très irrégulières et beaucoup plus complexes. Elles prédominent dans la région de 1700 à 1400 cm^{-1}, où l'on peut s'attendre à rencontrer des bandes dues aux doubles liaisons et aux déformations de NH_2 et OH.

Pour l'aneurine-base, le phénomène le plus marqué est la disparition dans le produit deutéré de la forte bande 1663 cm^{-1}. Bien qu'elle ne soit pas

remplacée par une bande homologue aux environs de 1200 cm^{-1}, cette bande est vraisemblablement en rapport avec $\delta(NH_2)$; [il ne s'agit pas de $\delta(OH)$, car les faits sont identiques avec la cocarboxylase dont la fonction alcool est estérifiée]. On peut supposer que la fréquence propre du $\delta(NH_2)$ étant très voisine d'une des fréquences propres du noyau pyrimidique et que les deux modes de vibration étant fortement couplés, il se produit une dégénérescence accidentelle. La bande observée correspondrait alors à un mode de vibration auquel participent également le groupe NH_2 et le noyau hétérocyclique. Lorsque ce groupe NH_2 est deutéré, sa fréquence propre est très différente, la dégénérescence est levée, et le mode de vibration précédent disparaît.

Dans le bichlorhydrate, la bande 1661 cm^{-1} n'a évidemment pas la même origine, puisqu'elle ne disparaît pas avec la deutération. Par contre, c'est la bande 1600 cm^{-1} qui semble s'effacer pour être remplacée par deux bandes assez fortes à 1565 et 1515 cm^{-1}. Ce phénomène est certainement aussi en rapport avec des changements dans les vibrations de l'ensemble du système amine-noyau pyrimidique.

Il semble donc que, dans la région des courtes longueurs d'onde, les différences entre les spectres du bichlorhydrate et de la base soient dues directement à la tranformation de NH_2 en NH_3^+ (ou ND_2 en ND_3^+). Dans le reste du spectre, elles proviennent de phénomènes plus complexes, concernant non seulement la fonction amine, mais encore l'ensemble du noyau pyrimidique, dont le système des doubles liaison se trouve indirectement perturbé.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *La photodianode*. Note (*) de MM. **George Deloffre**, **Émile Pierre** et **Jean Roig** [1], présentée par M. René Barthelémy.

Principe de fonctionnement. — La photodianode comprend une cathode plane photoémissive et deux anodes rectilignes parallèles à la cathode.

En l'absence de champ électrique, les électrons émis en un point de la cathode ont des trajectoires groupées autour de la normale en ce point (Loi de Lambert).

(Les deux anodes sont à égale distance de la cathode).

Les deux anodes sont branchées au pôle positif d'une même batterie de tension par l'intermédiaire de deux résistances égales de l'ordre du mégohm. La différence de potentiel entre les deux broches anodiques est alors fonction de la position de la tache éclairée.

Un galvanomètre G est intercalé dans les deux branches d'un pont constitué par les deux résistances interélectrodes et les deux résistances R et R′.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12700 déposé le 12 juin 1950, ouvert à la demande des auteurs le 16 novembre 1953.

Le courant i est fonction des déplacements relatifs de la cellule et du faisceau lumineux.

Dans les mesures postérieures, les déplacements latéraux de la cellule sont commandés par une vis à tambour gradué en 50 parties, dont le pas est de 0,2 mm.

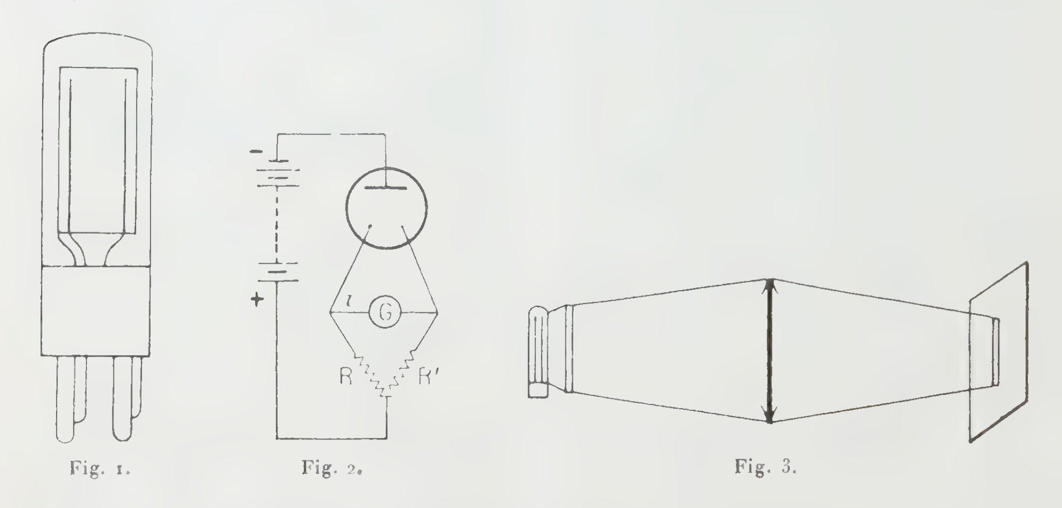


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

La source lumineuse est une fente éclairée dont on forme l'image, avec une lentille, sur la cathode.

L'éclairage est celui d'une lampe à filament rectiligne sous tension de 4V.

Étude des caractéristiques à tension variable. — Le flux lumineux étant constant, on étudie, pour chaque tension appliquée, les variations de i en fonction des déplacements de la cellule.

Les courbes 1 donnent les caractéristiques pour diverses tensions (en ordonnée, les déplacements centimétriques du spot et les courants en A correspondants ; en abscisse, les déplacements de la cellule en tours de vis : 1 tour = 0,2 mm).

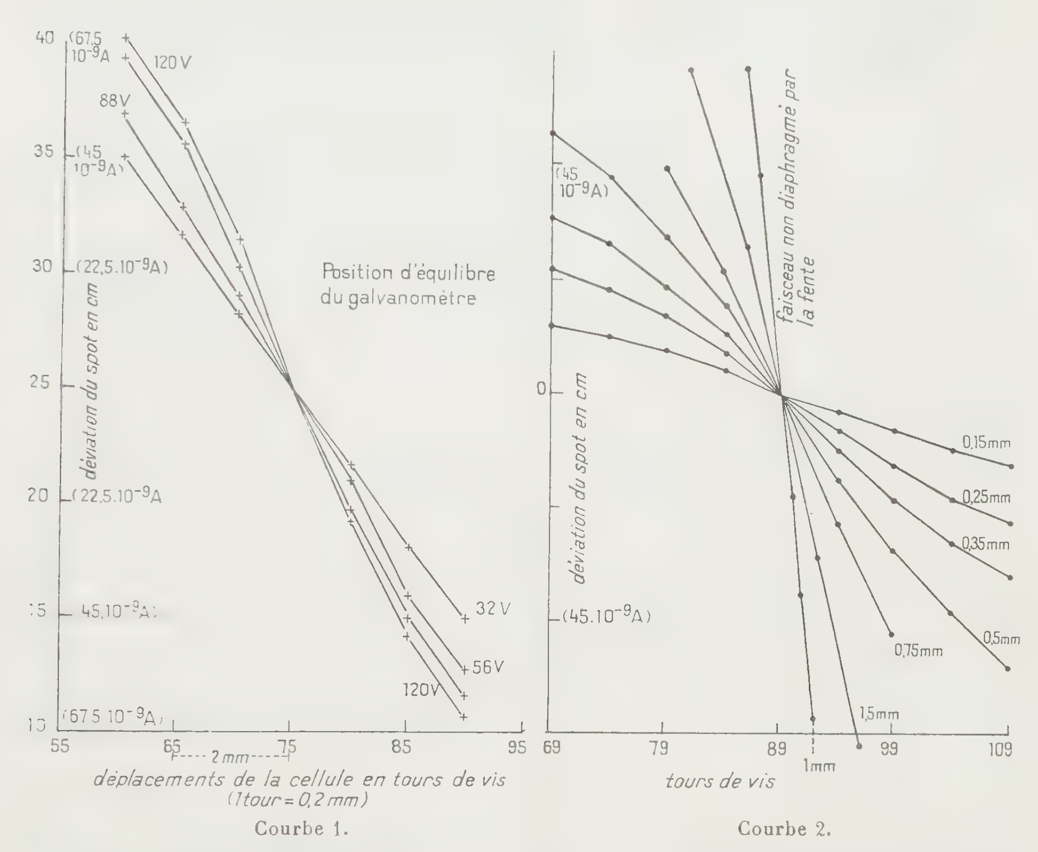
Sensibilité du galvanomètre : $0,45 \cdot 10^{-9}$ A/mm à 1 m.

Étude des caractéristiques à flux variable. — La tension de la cellule étant maintenue constante, on fait varier le flux lumineux incident en agissant sur la largeur de la fente. Les caractéristiques obtenues sont les courbes 2.

En particulier, la courbe obtenue lorsque le faisceau lumineux n'est plus diaphragmé par la fente mais uniquement par la lentille, montre que la déviation du spot est de 24 cm environ pour 1 mm de déplacement de la cellule, d'où une amplification directe de 240 avec la source utilisée. Nous avons pu atteindre 1 000 avec des sources plus puissantes. Un galvanomètre plus sensible permettrait d'aller encore plus loin.

Amplification. — L'amplification des courants interanodes a été réalisée avec une lampe double électromètre Mazda E 2 (R = R′ = 20 MΩ). L'amplification obtenue est de l'ordre de 10 000.

1 mm de déplacement du spot correspond donc à un déplacement relatif de l'image de la fente égal à 1 mm/10 000 = 0,1 μ.



Courbe 1. Courbe 2.

Courbe 1. — Sensibilité du galvanomètre : 0,45.10⁻⁹ A pour 1 mm de déplacement du spot à 1 m.
Courbe 2. — Les cotes indiquées sur les courbes donnent la largeur d'une fente qui diaphragme le faisceau au voisinage du filament-source.

Conclusion. — Si l'on tient compte de ce que l'amplification antérieure peut être multipliée par une amplification optique, il appert que la photodianode est un instrument d'une grande précision pour les mesures de très petits déplacements et rotations.

Elle permet de mesurer avec une précision très supérieure aux méthodes actuelles les déplacements d'un spot lumineux et par suite d'améliorer la précision de la plupart des méthodes de mesure.

La cellule photoélectrique, jusqu'à ce jour, ne rendait compte que de la variation de flux d'un faisceau lumineux de direction constante. La photodianode permet, au contraire, d'étudier les mouvements d'un faisceau lumineux de flux constant. Outre certains problèmes qui seront désormais traités plus simplement avec la photodianode (guidages, servo-moteurs) celle-ci ouvre un nouveau domaine d'applications industrielles et scientifiques à la cellule photoélectrique.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Étude expérimentale de la diffusion Rayleigh du quartz en lumière polarisée.* Note de M[lle] **Lucienne Taurel** et M. **Jean Chapelle**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Montage. — Nous avons étudié la diffusion Rayleigh du quartz en fonction de la température afin de mettre en évidence la fraction moléculaire de cette diffusion, qui est proportionnelle à la température absolue T.

Nous avons employé comme source lumineuse une lampe Osram H.B.O. 500. Sa surface émissive est de 10 mm^2, ce qui permet de n'éclairer qu'un faible volume de cristal. Nous avons travaillé dans des conditions de fonctionnement constantes en vérifiant l'intensité du faisceau lumineux émis par la lampe à l'aide d'une cellule à couche d'arrêt.

Le faisceau incident, polarisé à l'aide d'un polaroïd, avait une ouverture inférieure à 1/20 de radian.

Le quartz [1] avait la forme d'un cube de 2,5 cm de côtés, taillé suivant OX (axe binaire) OY, OZ (axe ternaire). Le récepteur était une cellule à multiplicateurs d'électrons, type Lallemand. La fidélité de cet instrument est telle que des mesures s'étalant sur un intervalle de 10 jours ne nécessitent aucun étalon de comparaison. La modification de la tension d'alimentation permet de comparer avec une précision du 1/100 des flux lumineux variant dans le rapport 1 à 2000.

Les mesures ont été faites pour deux ouvertures du faisceau diffusé.

2. Résultats expérimentaux. — Afin de pouvoir éliminer le pouvoir rotatoire, le faisceau incident a été dirigé suivant OY, l'observation a eu lieu suivant OX. La lampe employée n'étant pas la même dans les deux cas, les résultats indiqués ci-dessous ne sont pas comparables entre eux.

Dans ce qui suit, le champ électrique de l'onde incidente est désigné par I lorsqu'il est perpendiculaire au plan de diffusion, par i lorsqu'il est dans le plan de diffusion. La même notation est utilisée pour le faisceau diffusé.

Résultats de la première série de mesures. — Ouverture du faisceau diffusé : 0,075 radian; II $218 + 4,25\,T$; ii $68,9 + 0,290\,T$; iI $41,3 + 0,314\,T$; Ii $41,3 + 0,344\,T$.

Résultats de la deuxième série de mesures. — Ouverture du faisceau diffusé : 0,05 radian; II $376 + 2,2\,T$; ii $39,9 + 0,117\,T$; iI $26 + 0,145\,T$; Ii $20 + 0,155\,T$.

3. Comparaison avec les résultats théoriques. — Nous avons calculé les intensités théoriques à l'aide des constantes élastiques et élastooptiques du

---

[1] Cet échantillon nous a été fourni par M. Andrieux.

quartz ([2]), en utilisant les données de Motulevich ([3]) et celles de Mason ([4]).

Lorsqu'on ramène à 760 l'intensité de la composante II, on obtient pour les autres composantes des intensités relatives indiquées dans le tableau ci-dessous :

		II	I*i*	*i*I	*ii*
Théorique	([2])	760	66	53	38
	([3])	760	63,5	51	37
Expérimental	1re série	760 ± 20	57 ± 3	52,5 ± 2	48,5 ± 2
	2e série	760 ± 10	53,5 ± 1	50 ± 1	40,5 ± 1

L'accord entre la théorie et l'expérience est très bon, sauf pour la composante I*i*; il est possible que cet écart provienne de la précision avec laquelle les constantes élastooptiques sont connues.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Effet du phénomène de semi-rotation sur la résonance quadrupolaire.* Note de MM. **Yves Ayant**, **Maurice Buyle-Bodin** et **François Lurçat**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. On sait que Pake et Gutowsky ont mis en évidence dans de nombreux cristaux l'existence de semi-rotations, en utilisant la technique de résonance magnétique nucléaire ([1]). [*Cf* aussi ([2])].

L'effet des semi-rotations doit se manifester également dans la résonance quadrupolaire; c'est cet effet que nous avons étudié et décelé ici. Nous devons distinguer deux cas selon que la durée de vie τ de chacune des positions du groupement en semi-rotation est grande ou petite devant la période quadrupolaire $1/\nu_Q$. (Nous nous bornerons ici au cas $I=3/2$.)

1° $\tau \gg 1/\nu_Q$. — La semi-rotation ne change pas la raie de place, mais l'élargit. Nous publierons ultérieurement une théorie plus rigoureuse de cet élargissement : on montrera que la forme de la raie s'obtient par superposition d'un petit nombre de courbes de Lorentz. En se basant sur la quatrième relation d'incertitude, on peut prévoir grossièrement pour la largeur de raie une valeur

$$\delta\nu \sim \frac{1}{2\pi\tau}.$$

2° $\tau \ll 1/\nu_Q$. — Le tenseur gradient fluctue très rapidement et c'est sa valeur moyenne qui détermine la fréquence de résonance. Dans le cas usuel de semi-rotations ternaires (ou aussi de symétrie plus élevée) autour d'un axe fixe

([2]) Mlle L. Taurel et J. Chapelle, *Journ. de Phys.*, 12, 1951, p. 817.

([3]) *C. R. Acad. Sci. U. S. S. R.*, 2, 1947, p. 390.

([4]) *Piezoelectric crystals and their application to ultrasonics*, p. 84.

([1]) H. S. Gutowsky et G. E. Pake, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 62.

([2]) Y. Ayant et M. Soutif, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 639.

faisant l'angle γ avec l'axe du gradient (supposé de révolution), la fréquence de résonance prend une valeur : $\nu'_Q = \nu_Q |P_2(\cos\gamma)|$; par exemple, pour l'angle « tétraèdrique » $\gamma = 109^\circ 28'$, $\nu'_Q/\nu_Q = 1/3$.

L'élargissement (en forme de Lorentz) dépend alors de la densité spectrale des fluctuations du tenseur gradient autour de sa moyenne, prise pour les fréquences zéro et ν'_Q. Il diminue avec τ. On montre qu'en ordre de grandeur : $\delta\nu \sim 2\pi\tau\nu_Q^2$. Si l'on admet que les raies de ^{35}Cl sont trop écrasées pour être visibles quand $\delta\nu > 10$ kHz, on doit conclure que la semi-rotation rend pratiquement inobservable la résonance quadrupolaire de ^{35}Cl (pour lequel $\nu_Q \sim 40$ MHz), quand τ est compris entre 10^{-5} et 10^{-12} s. Il semble bien que l'ordre de grandeur de cette dernière valeur diminue l'intérêt pratique du cas $\tau \ll 1/\nu_Q$. Par contre du côté $\tau \gg 1/\nu_Q$, τ peut atteindre des valeurs aussi grandes que l'on veut, à condition de refroidir suffisamment [τ obéit à une loi en $\exp.(W/kT)$].

2. *Cas du chloroforme.* — La résonance quadrupolaire de ^{35}Cl dans $CH\,Cl_3$ a été observée jusqu'ici à -196°C et consiste en deux raies ([3]), ([4]). Nous avons pu constater en étudiant $CHCl_3$ avec un spectromètre du type autodyne que ces deux raies se distinguent nettement en amplitude et largeur et qu'elles disparaissent simultanément vers -183°C. L'étude de cette disparition nous permet de l'attribuer à une semi-rotation du groupement $-C\,Cl_3$. En effet, lors du réchauffement de l'échantillon, chacune des raies d'absorption décroît en amplitude, en s'élargissant de façon à conserver une aire sensiblement constante; si la disparition était due à un changement de phase, on n'observerait que la variation d'amplitude résultant de l'appauvrissement de la phase stable au-dessous de -183°C; forme et largeur resteraient constantes. De même le rapport des amplitudes des courbes dérivées observées devrait demeurer constant; en fait, il varie nettement (de 1,6 à 1,2 environ); la décroissance est plus rapide pour la raie initialement la plus étroite, ce qui est en accord avec le mécanisme exposé dans 1. De plus, s'il s'agissait d'un changement de phase, il apparaitraît, au-dessus de la température de transition, de nouvelles raies, voisines des raies observées au-dessous, d'après des exemples connus ([5]); ceci n'a pas été constaté (bien entendu, on a vérifié que l'élargissement banal du à l'inhomogénéité thermique était hors de cause).

3. *Cas de l'Acide trichloracétique.* — On a observé, à l'aide d'un récepteur à superréaction, la résonance quadrupolaire de l'acide trichloracétique à -196° C ([6]). Cette résonance consiste en deux raies, qui disparaissent, lors

---

([3]) P. Livinstone, *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 289.

([4]) M. Buyle-Bodin et D. Dautreppe, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1101.

([5]) C. Dean et R. V. Pound, *J. Chem. Phys.*, **20**, 1952, p. 195.

([6]) Gordy, Smith et Trambarulo, *Microwave Spectroscopy*, J. Wiley, 1953, p. 367 (d'après une communication privée de H. C. Allen).

du réchauffement de l'échantillon, à une température d'environ 100-120° K. L'étude détaillée du phénomène est en cours.

La résonance quadrupolaire fournit donc un moyen supplémentaire d'étude des phénomènes de semi-rotation à durée de vie relativement longue (10^{-4} s); nous espérons bientôt donner des valeurs précises de l'élargissement par semi-rotation, d'où l'on pourra déduire des valeurs des durées de vie, avec une précision plus élevée que celle que peut fournir la résonance magnétique.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la vie moyenne des neutrons dans une pile à eau lourde munie d'un réflecteur et nouvelle détermination de la réactivité.* Note (*) de M. **Victor Raievski**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

On fait varier périodiquement la réactivité d'une pile. La mesure de la phase et de l'amplitude de la modulation de la densité des neutrons donne une vie moyenne des neutrons dans la pile et l'amplitude de la réactivité. Celle-ci est en accord avec sa valeur déduite de la relation de Nordheim. Les équations de la cinétique sont insuffisantes pour expliquer les résultats expérimentaux.

Introduction. — Cette méthode a déjà été utilisée par C. W. Gilbert et G. J. Fergusson ([1]) pour vérifier les abondances des neutrons retardés de fission. Mais les fréquences d'oscillation étaient inférieures à 2 Hz et la vie moyenne (0,86 ms) trouvée par les auteurs dépendait des valeurs attribuées aux périodes des neutrons retardés. La réactivité était uniquement mesurée à partir de la relation de Nordheim. A. Lundby ([2]) a d'autre part étudié le régime transitoire qui prend naissance après une brusque augmentation de la réactivité. Il trouve alors une vie moyenne de 2 ms et obtient une évaluation de la réactivité.

Dans la méthode utilisée ici, la fréquence des oscillations varie entre 0,15 et 110 Hz. Pour obtenir un signal mesurable, l'amplitude de la réactivité doit être élevée, le dispositif de Gilbert et Fergusson n'est plus utilisable.

Dispositif expérimental. — Un cylindre d'aluminium est recouvert de deux bandes de cadmium d'ouverture 90° et diamétralement opposées. Ce cylindre tourne à l'intérieur d'un autre cylindre fixe, constitué de façon identique. Le dispositif est placé dans le canal axial de la pile. Le calcul et l'expérience montrent que la modulation de la réactivité en fonction de l'angle de rotation φ est donnée par la relation

$$\Delta k = \Delta k_0 \frac{2}{\pi}\left\{\frac{\pi+2\varphi}{4} - 1 + \sqrt{2}\cos\frac{\pi+2\varphi}{4}\right\}.$$

(*) Séance du 30 novembre 1953.

([1]) *C. R. P.*, 377, 1948.

([2]) *Conference on Nuclear Engineering*, Univ. of Calif. Berkeley, 1953, D39-D50.

La modulation de la densité est mesurée contre la cuve avec une chambre d'ionisation à plateaux parallèles recouverts de B_4C et un amplificateur à courant continu, à contre-réaction totale. La bande passante de l'ensemble est mesurée en modulant le flux de neutrons reçus par la chambre à l'aide d'un volet de cadmium. Pour un champ dans la chambre supérieur à 1000 V/cm, la bande passante s'étend jusqu'à 100 Hz. Le signal est redressé par un collecteur tournant en synchronisme avec le cylindre. L'angle de calage des balais permet de choisir la phase du signal. Pour éliminer l'effet des dérives de la pile et de l'amplificateur, les deux alternances sont redressées. La contribution des harmoniques au signal mesuré n'excède pas 1,5 % de la valeur du fondamental.

Théorie simplifiée. — Soit au temps t, $\delta k e^{j\omega t}$ la valeur de la réactivité ($j^2 = -1$). La solution fondamentale des équations de la cinétique de pile est [1] :

$$\frac{\delta n}{n} = \delta k \frac{1 - j\omega \sum \frac{\beta_i}{\lambda_i + j\omega}}{j\omega\left(\bar{\tau} + \sum \frac{\beta_i}{\lambda_i + j\omega}\right)}.$$

$\delta n/n$ est la modulation de la densité, β_i et λ_i^{-1} les abondances et les vies moyennes des neutrons retardés, $\bar{\tau}$ étant la vie moyenne des neutrons dans la pile

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{\bar{\tau}} \sum \frac{\beta_i \lambda_i}{\lambda_i^2 + \omega^2}; \qquad \varepsilon_2 = \frac{1}{\beta} \sum \frac{\beta_i \lambda_i^2}{\lambda_i^2 + \omega^2}; \qquad z = \frac{1}{(1 - \varepsilon_2)^2} \left| \frac{n}{\delta n} \right|^2; \qquad \eta = \omega^2 \left(\frac{1 + \varepsilon_1}{1 - \varepsilon_2} \right)^2,$$

ε_1 et ε_2 sont des termes correctifs faibles pour des fréquences suffisamment élevées.

On a alors

$$z = \frac{\beta^2}{\delta k^2} + \frac{(\bar{\tau})^2}{\delta k^2} \eta.$$

En mesurant z en fonction de η on peut, connaissant β déterminer δk et $\bar{\tau}$.

Résultats expérimentaux. — Les résultats obtenus sont les suivants :

1° de 0,15 à 25 Hz les points s'alignent sur une droite;

2° de 25 à 110 Hz la modulation de la densité décroît plus rapidement que ne le prévoit la théorie simplifiée;

3° contrairement à la théorie qui donne une phase limite de — 90°, la phase décroît de façon continue de — 12° jusqu'à — 180°.

Une théorie plus complète tenant compte de l'effet du réflecteur explique correctement le comportement de la phase; elle prévoit un changement de signe de la composante en phase pour une fréquence voisine de 10 Hz (la valeur expérimentale est de 9 Hz). Les valeurs expérimentales sont alors

$$\frac{\bar{\tau}}{\beta} = 0,125 \pm 0,002, \qquad \frac{\delta k}{\beta} = 0,058 \pm 0,001$$

d'où l'on tire

$$\bar{\tau} = 1,00 \text{ ms} \pm 0,02 \text{ ms}; \qquad \delta k = 46,5 \cdot 10^{-5} \pm 1 \cdot 10^{-5}$$

La valeur de δk mesurée par la méthode sous-critique (3) et avec l'unité Nordheim est $\delta k = 44.10^{-5} \pm 2,5.10^{-5}$ en bon accord avec la valeur précédente.

Conclusion. — L'expérience montre que les équations de la cinétique valable pour une pile nue ne s'appliquent plus à une pile munie d'un réflecteur, dès que la fréquence des oscillations est supérieure à 10 Hz. Si l'on interprète les résultats expérimentaux à l'aide de ces équations, on trouve une vie moyenne croissante avec la fréquence, ce qui explique le désaccord entre les valeurs de Gilbert et Fergusson d'une part, de A. Lundby d'autre part. La vie moyenne mesurée par ces méthodes n'est jamais celle des neutrons dans le milieu multiplicateur, mais une combinaison linéaire des vies moyennes dans le milieu multiplicateur et dans le réflecteur, la contribution de ce dernier étant d'ailleurs du même ordre.

La vie moyenne mesurée ici est celle qui régit le comportement cinétique de la pile; elle est indépendante des valeurs attribuées aux diverses espèces de neutrons retardés.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration du* ^{210}Po. Note (*) de M. **Radha Raman Roy** et Mlle **Marie-Louise Goes**, transmise par M. Émile Henriot.

La présence du niveau excité de 770 keV dans le ^{206}Pb par la désintégration α du ^{210}Po fut signalée pour la première fois par Siegbahn et Slätis (1) et confirmée par Zajac, Broda et Feather (2). En plus de ce rayonnement γ de 770 keV émis avec une intensité de $(1,0 \pm 0,4).10^{-5}$ quanta par désintégration, Zajac, Broda et Feather ont observé un rayonnement mou de 84 keV. Il apparaît maintenant que ce dernier ne serait pas d'origine nucléaire mais serait la radiation K due, soit à la conversion interne de la raie γ de 770 keV (3), (4), (5), soit à l'ionisation de l'atome par suite de la désintégration α (6), (7) suivant le processus prédit par Migdal (8). Les rayonnements L observés ont été attribués à la conversion interne de la raie de 770 keV (4), et aussi au processus de Migdal (5), (9).

---

(3) V. Raievski, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 693.

(*) Séance du 30 novembre 1953.
(1) *Ark. Mat. Astr. Fys.*, 34 A, 1947, p. 15.
(2) *Proc. Phys. Soc.* (London), 60, 1948, p. 501.
(3) Grace, Allen, West et Halban, *Proc. Phys. Soc.* (London), 64 A, 1951, p. 493.
(4) Alburger et Friedlander, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 523.
(5) Riou, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 244.
(6) Barber et Helm, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 275.
(7) Pringle, Taylor et Standhil, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 384.
(8) *Journ. Experim. Theoret. Phys.* (U. R. S. S.), 11, 1941, p. 207.
(9) Rubinson et Bernstein, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 545.

Une façon de vérifier la théorie de Migdal, est d'étudier la distribution énergétique des électrons. D'après la théorie, l'énergie des électrons de Migdal devrait varier de façon continue depuis zéro jusqu'à des valeurs très élevées, alors que les électrons émis par conversion interne devraient avoir l'énergie caractéristique du rayonnement converti.

Dans une expérience récente, nous avons enregistré environ 5 000 photos par la méthode de la chambre à diffusion continuellement sensible, utilisant deux sources de polonium provenant de deux endroits différents et préparées par des méthodes différentes. Notre étude de 34 158 traces de particules α a révélé que dans 92 cas, la trace d'un électron prend origine au même point que la trace de la particule α. Avec chacune des sources, nous avons observé environ $2,7.10^{-3}$ électrons par désintégration α.

On ne peut identifier ces électrons aux électrons de conversion interne du rayonnement de 770 keV à cause du rendement, de la distribution énergétique, et de l'absence de toute corrélation angulaire entre les directions d'émission des électrons et des particules α.

Afin de certifier que ce sont les électrons de Migdal, il est nécessaire de déterminer la probabilité de leur distribution énergétique telle que la prédit la théorie.

Cette probabilité est donnée par l'expression suivante :

$$W^{l}_{nE} = \frac{8V_1^2}{3Z^2}\left[l\left(r^{E,l-1}_{nl}\right)^2 + (l+1)\left(r^{E,l+1}_{nl}\right)^2\right],$$

où V_1 est la vitesse de la particule α en unité atomique et Z la charge effective [10]. L'expression des fonctions radiales $(r^{n',l\pm1}_{nl})^2$ pour le spectre discret a été donnée par Bethe [11] pour $n=1$ et 2 et par Kupper [12] pour $n=1$, 2, 3 et 4. L'on passe au spectre continu par les transformations usuelles.

Tableau I.

E keV.	Couches. K.	L.	M.	N.	Somme pour toutes les couches.
20,8	$1,24.10^{-5}$	$8,03.10^{-5}$	$6,31.10^{-5}$	$2,02.10^{-5}$	$1,76.10^{-4}$
46,8	$5,54.10^{-6}$	$1,21.10^{-5}$	$4,17.10^{-6}$	$9,99.10^{-7}$	$2,28.10^{-5}$
63,7	$3,74.10^{-6}$	$4,97.10^{-6}$	$1,39.10^{-6}$	$3,92.10^{-7}$	$1,05.10^{-5}$
83,2	$2,47.10^{-6}$	$2,22.10^{-6}$	$1,11.10^{-6}$	$9,85.10^{-8}$	$5,90.10^{-6}$
105	$1,56.10^{-5}$	$9,95.10^{-7}$	$2,07.10^{-7}$	$3,47.10^{-8}$	$2,80.10^{-6}$
520	$3,\ 8.10^{-8}$	$2,69.10^{-9}$	$3,07.10^{-10}$	$8,70.10^{-12}$	$4,10.10^{-8}$
812,5	$3,\ 4.10^{-9}$	$4,31.10^{-10}$	$4,46.10^{-11}$	$5,76.10^{-12}$	$3,88.10^{-9}$
1170	$8,\ 5.10^{-10}$	$1,14.10^{-10}$	$9,36.10^{-12}$	$1,80.10^{-12}$	$9,75.10^{-10}$

(10) Slater, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.

(11) *Handbuch der Physik*, 24, 1933.

(12) *Ann. der Phys.*, 86, 1928, p. 520.

Dans le tableau I nous donnons la probabilité de la distribution énergétique des électrons pour les couches K, L, M et N. Nous n'avons pas étendu les calculs aux couches O et P, parce que la contribution de ces couches dans l'intervalle d'énergie qui nous intéresse est négligeable.

Nous avons déduit du tableau I la valeur de W_{nE} pour l'intervalle d'énergie que nous considérons; cette valeur et les résultats expérimentaux sont donnés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Énergie (keV).	$\int_a^b W^l_{nE}\, dE$ (théorique).	Expérimental.
41-49	$2,2.10^{-4}$	$1,5.10^{-4}$
49-57	$1,3.10^{-4}$	$3,2.10^{-4}$
57-65	$0,9,10^{-4}$	$6,4.10^{-4}$
65-73	$0,6.10^{-4}$	$5,3.10^{-4}$
73-81	$0,5.10^{-4}$	$4,7.10^{-4}$
81-90	$0,5.10^{-4}$	$4,7.10^{-4}$
90-98	$0,4.10^{-4}$	$1,2.10^{-4}$

L'accord entre l'expérience et la théorie ne peut pas être considéré comme hautement satisfaisant, excepté en ordre de grandeur. Cependant, vu les approximations faites dans la théorie, il nous semble raisonnable d'identifier ces électrons à ceux produits au cours de la désintégration α du polonium conformément à la théorie de Migdal.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur les répartitions de l'intensité angulaire et de la dissymétrie Est-Ouest de la composante nucléaire du rayonnement cosmique au voisinage de l'équateur, étudiées au moyen d'une émulsion sensible.* Note de MM. **TSAI-CHÜ** et **MAX MORAND**, transmise par M. Eugène Darmois.

La répartition zénithale de l'intensité angulaire des nucléons à l'équateur peut se représenter par $j(\theta) = j(0)\cos^{\lambda}\theta$, λ augmente avec l'énergie de $0,3 \pm 0,1$ à $2,1 \pm 0,2$. La dissymétrie, E-W, concentrée pour α compris entre 30 et 45°, s'étend jusqu'à 260 MeV.

1. Nous avons déjà analysé [1] la répartition spectrale de l'intensité angulaire pour des protons lents observés dans les plaques Ilford G_5 exposées à Tamanrasset et nous avons trouvé que la répartition zénithale (θ) est représentée par la relation $j(\theta) = j(0)\cos^{\lambda}\theta$; λ augmente avec l'énergie. α est l'angle entre la projection d'une trace sur le plan de la plaque et la verticale; β, l'angle entre la trace et cette projection; on peut calculer la répartition

---

(1) TSAI-CHÜ et MAX MORAND, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2211.

zénithale ([1]) à partir de celle en α. L'intensité des particules est calculée en considérant une surface horizontale (S_1) et deux surfaces verticales ($2\,S_2$); l'intégration en β sur chaque surface verticale varie de 0 à 90°, nous n'avons donc à considérer qu'une surface verticale et une surface horizontale. Par conséquent, $2\,S_2$ dans les constantes ([1]) A et B doit être remplacé par S_2.

Le tableau I nous donne les valeurs ([2]) λ correctes pour les répartitions zénithales à Tamanrasset et les résultats d'une même analyse portée sur les 2747 traces ([3]) trouvées dans les plaques de Costermansville. A l'équateur, λ augmente d'une valeur correspondant à une répartition isotrope pour des particules de très faible énergie, jusqu'à 2,1 pour celles de plus grande énergie.

Tableau I.

Costermansville (4° S, 1600 m).

E (MeV)......	< 30.	30-91.	91-175.	175-264.	Total.
λ (zén.).......	0,3 ± 0,1	0,91 ± 0,11	1,7 ± 0,1	2,1 ± 0,2	1,41 ± 0,03

Tamanrasset (25° 30′ N, 1405 m).

E (MeV)......	< 21.	21-72.	72-114.	114-177.	177-260.	Total.
λ (zén.).......	0,1 ± 0,2	1,13 ± 0,08	1,7 ± 0,7	1,8 ± 0,1	2,2 ± 0,3	1,51 ± 0,14

La répartition des nucléons secondaires dépend essentiellement du processus de multiplication en cascade dans l'atmosphère; les λ des deux latitudes sont très voisins, mais pour une énergie inférieure à 90 MeV, λ pourrait diminuer légèrement quand l'altitude augmente et la latitude diminue. A 3,4 km pour des protons de moment 0,4 — 1,0 BeV/c (énergie 82 à 434 MeV), λ a la valeur moyenne 3,2 trouvée par d'autres auteurs ([4]).

2. Les plaques de Costermansville ont été exposées dans les mêmes conditions qu'à Tamanrasset, sous 0,2 g/cm² de bois et 300 μ d'aluminium de manière à ne pas modifier pratiquement les intensités reçues. La dissymétrie Est-Ouest, *d*, répartie de la même façon ([1]) qu'à Tamanrasset, est concentrée essentiellement autour des valeurs de α comprises entre 30 et 45° (tableau II).

Tableau II.

α	0-15°.	15-30°.	30-45°.	45-60°.	60-90°.	Total.
$n(e)$......	443	373	226	149	115	1306
$n(w)$......	454	396	309	156	126	1441
d........	0,03 ± 0,07	0,06 ± 0,07	0,31 ± 0,09	0,05 ± 0,11	0,09 ± 0,13	0,098 ± 0,038

([2]) Tsai-Chü et Max Morand, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1080.

([3]) Dans le tableau I, référence I, les valeurs λ pour θ doivent être remplacées par 0,1; 1,4; 1,0; 1,2; 1,0; 1,7; 1,8; 2,2; 1,51; les erreurs restent les mêmes.

([4]) Charbonnier, Davis, Garrison, Henderson, Miller et Sandstrom, *Applied Physics Lab. Univ. of Wash.* (*Nuclear Science Abstracts*, 7, 1953, p. 658).

Une décomposition en fonction de l'énergie pour cet intervalle, sauf pour des particules inférieures à 30 MeV, montre une grande dissymétrie, même pour les particules ayant la plus grande énergie (tableau III). Si l'on élimine les particules de très faible énergie, qui représentent la plupart des particules produites localement, la dissymétrie prend la valeur $0,37 \pm 0,09$.

TABLEAU III.

E (MeV)...	< 30.	30-91.	91-175.	175-264.	Total.
$n(e)$......	35	82	33	76	226
$n(w)$.....	30	106	65	108	309
d.........	−0,15	+0,26	+0,65	+0,35	+0,31±0,09

3. Nous avons remarqué [5] que la production multiple des mésons en haute atmosphère et les désintégrations des mésons π imposent une limite inférieure pour l'énergie du primaire et diminuent l'effet géomagnétique sur les mésons μ observés en basse altitude. Par contre, les nucléons secondaires, protons et neutrons, ne subissant pas cette limite, présentent toujours des variations plus grandes que celles des mésons et sont sensibles spécialement à l'arrivée des primaires de faible énergie. L'effet de diffusion dans les cascades nucléaires et les productions locales diminuent la « mémoire » des nucléons secondaires, mais pour des directions favorables, la dissymétrie est encore 2 ou 3 fois plus grande que celle due aux mésons. Ces résultats montrent d'ailleurs que l'insuffisance de dissymétrie détectée en haute atmosphère peut provenir des albedos et des productions locales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'effet électrovisqueux : variation de K avec la constante diélectrique du solvant.* Note (*) de MM. **Jean-Baptiste Donnet** et **Pierre Marguier**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Ainsi qu'il a été observé [1], la viscosité des solutions de particules sphériques rigides de diamètre inférieur à 3000 Å, ne vérifie pas la loi d'Einstein $\eta_r = 1 + K\varphi$, η_r étant la viscosité relative de la solution dont la concentration relative en volume est φ.

Alors que la valeur théorique de K est 2,5, on peut observer, suivant les sols, des valeurs allant jusqu'à 35 [2], [3]. Cette discordance a été attribuée à l'influence de l'effet électrovisqueux [4].

---

(5) Max Morand et Tsai-Chü, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1502.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) J.-B. Donnet, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 1.

(2) J. Duclaux et D. Sachs, *J. Chim. Phys.*, 28, 1931, p. 511.

(3) D. Sachs, *J. Chim. Phys.*, 29, 1932, p. 280.

(4) A. Dobry, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 402.

Nous nous sommes proposé de voir quelle était la variation, en fonction de la constante diélectrique du solvant, de la valeur de K, pour un hydrosol de noir de carbone dont les sphères ont un diamètre moyen de 320 Å et dont l'un de nous avait déjà étudié le comportement hydrodynamique ([5]).

Les mesures ont été faites avec un viscosimètre type Ubbelohde, travaillant sous une surpression d'air constante obtenue à l'aide d'un montage analogue à celui décrit par K. H. Meyer et V. D. Wyk ([6]). Nous avons fait varier la constante diélectrique de la solution en utilisant des mélanges eau-alcool de plus en plus concentrés en alcool. Les concentrations en noir de carbone ont toujours été inférieures à 1 % ; dans ces conditions, le sol peut être considéré comme infiniment dilué. Les valeurs de K ainsi trouvées ont été portées dans le tableau I.

Tableau I.

% d'alcool en volume.	Constante diélectrique ε ([7]).	K.
0	80	7,3
48,63	53	7,2
55,8	49,5	7,0
65,61	43,8	6,5
74,88	38,7	6,9
93,55	28,7	8,0
97,31	26,7	8,6

Tableau II.

Température (°C).	Constante diélectrique ε ([8]).	K.
25	80	7,3
49,85	63	7,1
54,72	60,5	7,2
59,65	58	7,1
64,5	54,5	7,0
69,47	50,5	6,8
74,32	46	6,5
79,38	41,5	5,8
84,6	36	6,3
90,42	26,5	8,8

Ayant observé que l'on pouvait faire varier la constante diélectrique de l'eau, sans addition d'alcool ni d'autre solvant, mais simplement en travaillant à des températures de plus en plus élevées, nous nous sommes proposés de recouper les résultats obtenus en premier lieu.

Nous avons ainsi trouvé les valeurs données au tableau II.

En portant sur un graphique, les valeurs $K = f(\varepsilon)$, nous obtenons les deux courbes expérimentales suivantes : (voir *fig.* 1).

La concordance des variations de K observées dans ces deux séries d'expériences, semble montrer que la grandeur de K est fonction de ε.

([5]) J.-B. Donnet, *J. Chim. Phys.*, **50**, 1953, p. 380.

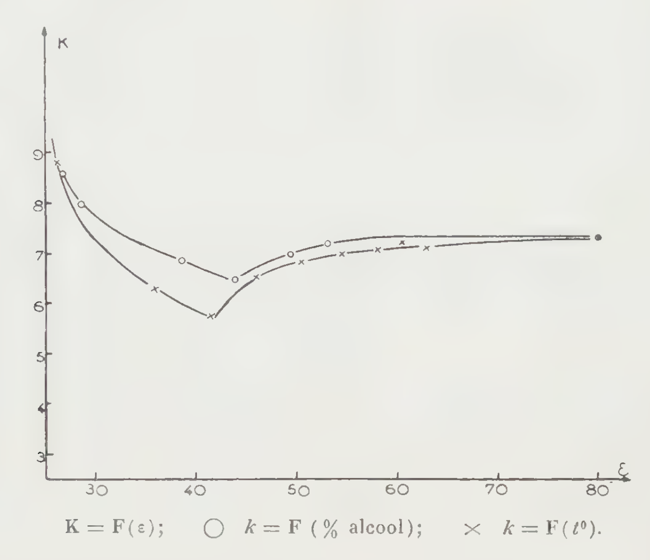
([6]) *J. Chim. Phys.*, **32**, 1935, p. 342.

([7]) *Intern. Crit. Tables*, X, p. 231.

([8]) *Intern. Crit. Tables*, II, p. 360.

Il est intéressant d'observer que :

1° La variation de K que l'on observe, en faisant varier ε de l'eau en élevant la température, est réversible.



K = F(ε); ○ k = F (% alcool); × k = F(t^0).

2° Il y a analogie entre les courbes de la figure 1 et celles observées par A. Dobry [9] en étudiant K en fonction de la conductibilité du milieu.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les barrières de potentiel caractérisant les réactions de substitution sur les atomes des chaînes polyéniques comportant un substituant ou un hétéroatome.* Note (*) de M. **Odilon Chalvet** et Mme **Monique Roux**, présentée par M. Louis de Broglie.

A l'aide de la méthode L. C. A. O. [1] on calcule selon le procédé de Wheland [2] la contribution des électrons π aux barrières de potentiel pour les réactions de substitution sur les atomes des corps organiques suivants :

X═╲╱═╲╱═ X─╱═╲╱═╲╱═

X représente un hétéroatome ou substituant selon les cas étudiés; pour les molécules correspondant au premier schéma X peut remplacer NH, O, etc., pour celles correspondant au deuxième schéma il peut remplacer NH_2, OH, F, Cl, Br, I, etc.

---

(9) *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 28.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) *Voir* à ce sujet : *Dictionnaire des grandeurs théoriques descriptives des molécules* (Préambule).

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, **64**, 1940, p. 900.

	Nombre d'atomes de carbone.				Nombre d'atomes de carbone.			
$\alpha_Y - \alpha_r$.	3.	5.	7.		4.	6.	8.	
+ 2......	1,237	1,203	1,211		1,090	1,157	1,188	
+ 1......	1,431	1,330	1,302		1,265	1,270	1,271	
+ 0,5....	1,603	1,448	1,390	X porte	1,422	1,375	1,350	
0......	1,828	1,610	1,512	1 électron	1,644	1,524	1,463	
— 0,5....	2,103	1,801	1,651		1,907	1,693	1,588	
— 1......	2,493	1,983	1,771		2,155	1,839	1,690	
— 2......	3,237	2,204	1,907		2,468	2,007	1,803	Nucléophiles
+ 2......	**2,340**	**1,848**	**1,667**		**2,041**	**1,765**	**1,631**	
+ 1......	**2,494**	**1,962**	**1,753**		**2,165**	**1,859**	**1,705**	
+ 0,5....	**2,626**	**2,067**	**1,833**	X porte	**2,276**	**1,947**	**1,775**	
0......	**2,828**	**2,228**	**1,957**	2 électrons	**2,440**	**2,079**	**1,881**	
— 0,5....	**3,141**	**2,454**	**2,118**		**2,665**	**2,254**	**2,015**	
— 1......	**3,662**	**2,699**	**2,271**		**2,957**	**2,439**	**2,143**	
— 2......	**4,962**	**2,999**	**2,446**		**3,729**	**2,657**	**2,284**	
+ 2......	0,823	0,984	1,061		1,779	1,582	1,495	
+ 1......	0,813	0,983	1,061		1,710	1,554	1,480	
+ 0,5....	0,822	0,988	1,065	X porte	1,665	1,534	1,469	
0......	0,828	0,992	1,067	1 électron	1,644	1,524	1,463	
— 0,5....	0,822	0,988	1,065		1,665	1,534	1,469	
— 1......	0,813	0,983	1,061		1,710	1,554	1,480	
— 2......	0,823	0,984	1,061		1,779	1,582	1,495	Radicalaires
+ 2......	**1,926**	**1,628**	**1,518**		**0,871**	**1,008**	**1,075**	
+ 1......	**1,876**	**1,615**	**1,511**		**0,918**	**1,028**	**1,087**	
+ 0,5....	**1,845**	**1,607**	**1,508**	X porte	**0,963**	**1,050**	**1,099**	
0......	**1,828**	**1,610**	**1,512**	2 électrons	**1,026**	**1,079**	**1,116**	
— 0,5....	**1,861**	**1,641**	**1,532**		**1,094**	**1,107**	**1,131**	
— 1......	**2,048**	**1,699**	**1,562**		**1,155**	**1,130**	**1,143**	
— 2......	**2,548**	**1,779**	**1,600**		**1,248**	**1,161**	**1,157**	
+ 2......	3,237	2,204	1,907		2,468	2,007	1,803	
+ 1......	2,431	1,983	1,771		2,155	1,839	1,689	
+ 0,5....	2,103	1,801	1,651	X porte	1,907	1,693	1,588	
0......	1,828	1,610	1,512	1 électron	1,644	1,524	1,463	
— 0,5....	1,603	1,448	1,390		1,422	1,375	1,350	
— 1......	1,431	1,330	1,303		1,265	1,270	1,272	
— 2......	1,237	1,204	1,210		1,090	1,157	1,188	Électrophiles
+ 2......	**1,512**	**1,409**	**1,369**		**1,560**	**1,433**	**1,382**	
+ 1......	**1,258**	**1,268**	**1,270**		**1,363**	**1,313**	**1,296**	
+ 0,5....	**1,065**	**1,148**	**1,183**	X porte	**1,205**	**1,209**	**1,217**	
0......	**0,828**	**0,992**	**1,067**	2 électrons	**1,026**	**1,079**	**1,116**	
— 0,5....	**0,580**	**0,829**	**0,946**		**0,852**	**0,948**	**1,012**	
— 1......	**0,368**	**0,699**	**0,853**		**0,710**	**0,845**	**0,934**	
— 2......	**0,134**	**0,559**	**0,754**		**0,559**	**0,736**	**0,850**	

Les calculs sont conduits sans préciser la nature de X, ce dernier est seulement caractérisé par une intégrale coulombienne α_X différente de celle du carbone α_C de manière à ce que la différence $\alpha_X - \alpha_C$ varie entre $+2\beta$ et -2β.

On traite simultanément les cas où X porte un électron ou deux électrons π. Le tableau ci-contre donne lesdites contributions aux barrières de potentiel calculées au cours d'une substitution sur l'atome extrême opposé à X par un réactif nucléophile, radicalaire ou électrophile (elles sont exprimées en unités-β).

Le tableau permet les remarques suivantes :

1° La barrière de potentiel d'une réaction de substitution nucléophile est diminuée par l'introduction d'un substituant ou d'un hétéroatome plus électronégatif que le carbone, le phénomène est inversé dans le cas d'une substitution électrophile.

La réactivité chimique, lors d'une réaction de substitution radicalaire sur une chaîne à nombre pair d'atomes, est défavorisée par l'introduction d'un substituant ou d'un hétéroatome porteur d'un électron et d'électronégativité différente de celle du carbone; au contraire ce genre de réaction est favorisé par cette même introduction lorsque la chaîne comprend un nombre impair d'atomes.

2° D'une façon générale l'allongement de la chaîne diminue l'effet de l'hétéroatome ou du substituant.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *L'action oxydante du vanadium pentavalent sur quelques fonctions oxygénées de la série acyclique.* Note de MM. **André Morette** et **Ghislain Gaudefroy**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les propriétés oxydantes de la solution sulfurique d'anhydride vanadique vis-à-vis des composés organiques ont été peu fréquemment utilisées en chimie analytique. L'oxydation quantitative par ce réactif n'a fait l'objet de publications, en ce qui concerne la série acyclique, que dans le cas de l'acide oxalique et les indications en sont contradictoires; pour certains auteurs, le vanadium pentavalent ne réagit pas sur ce diacide ([1]), ([2]), cependant que pour d'autres, on peut observer une oxydation complète ([3]), ([4]), ([5]).

Nous avons, dans une première étude, fait agir, dans des conditions variables, la solution sulfurique d'anhydride vanadique sur divers monoacides et diacides acycliques et, en outre, sur le formaldéhyde et le méthanol. L'oxydant étant

---

([1]) Syrokomskii et Klimenko, *Zavodskaya Lab.*, **7**, 1938, p. 1093.

([2]) G. G. Raô et coll., *Curr. Sc.* (India), **13**, 1944, p. 180, et **18**, 1949, p. 124.

([3]) Rosenheim et Friedheim, *Z. anorg. Chem.*, **1**, 1892, p. 313.

([4]) Jaffe, *Chimica* (Milan), **4**, 1949, p. 307.

([5]) Bobtelsky et Glasner, *J. Amer. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 1462.

employé en excès, après un temps donné, le vanadium pentavalent non réduit était, dans chaque essai, dosé au moyen du sulfate ferreux ammoniacal en milieu phosphorique et en présence d'acide diphénylaminosulfonique comme indicateur redox, selon une méthode souvent usitée ([6]), ([7]).

Dans tous les cas où une réduction s'est manifestée, le vanadium pentavalent, c'est-à-dire, ici, le cation VO_2^+ est passé à l'état de cation vanadyle VO^{++} et le pouvoir oxydant s'est montré dépendre étroitement du pH du milieu.

Nous exposons nos résultats en les classant, en trois parties.

1. L'acide acétique reste inattaqué, après un temps très long, en solution SO_4H_2 9N, même à 100°; il en est également ainsi pour les acides propionique, valérianique, palmitique et stéarique. Les acides isobutyrique et oléique, par contre, dans les mêmes conditions réduisent lentement la solution vanadique.

L'acide formique est oxydé très faiblement à la température ordinaire pour la même acidité; à 100°, en 90 h et toujours pour la même acidité, on observe qu'il est transformé en anhydride carbonique dans la proportion de 68,6 %.

2. Parmi les diacides, l'acide oxalique, à la température ordinaire et en solution SO_4H_2 9N, est lentement oxydé de façon complète en anhydride carbonique; au bain-marie bouillant, l'oxydation est stœchiométrique en quelques minutes. L'acide malonique est oxydé également, dans ces dernières conditions, quoique à une vitesse moindre, tandis que l'acide succinique n'est pas attaqué.

L'acide pyruvique est très facilement oxydé; à la température ordinaire, en solution SO_4H_2 3N, il est intégralement tranformé, en moins de 30 mn, en anhydride carbonique et acide acétique, et le vanadium pentavalent initial est réduit quantitativement en vanadium tétravalent. Cette réaction peut constituer un procédé de dosage de l'acide pyruvique en présence d'autres composés non oxydables dans ces conditions.

3. Le formaldéhyde n'est oxydé que lentement à froid, même en solution SO_4H_2 9N; l'oxydation devient plus rapide à 100° et il y a formation d'acide formique; ce dernier intervient secondairement par son faible pouvoir réducteur et il en résulte que la réaction n'est pas exactement stœchiométrique.

Le méthanol a un pouvoir réducteur plus faible qne celui du formaldéhyde; aux fortes concentrations en méthanol par rapport au vanadium pentavalent, à la température ordinaire, la vitesse d'oxydation augmente tout d'abord avec l'acidité du milieu, puis passe par un maximum pour SO_4H_2 6N; pour tous les autres composés étudiés nous avons constaté que la vitesse d'oxydation croît toujours en fonction de l'acidité. A 100°, pour une acidité SO_4H_2 10,8N, la transformation en acide formique est intégrale, mais, comme précédemment,

---

([6]) G. A. Pevtsov, *Zavodskaya Lab.*, **7**, 1938, p. 286.

([7]) L. Ducret, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **10**, 1943, p. 335.

celui-ci consomme à son tour une très faible quantité de solution oxydante en supplément.

En résumé, les acides acycliques ne sont pas oxydables par la solution vanadique, sauf dans le cas de l'existence d'une chaîne ramifiée ou d'une double liaison; l'acide formique n'est oxydable qu'à température élevée et lentement. S'il y a deux fonctions oxygénées contiguës, l'oxydation est facile et quantitative. Le formaldéhyde et le méthanol sont transformés en acide formique, mais le faible pouvoir réducteur de celui-ci empêche l'oxydation de ces deux corps d'être exactement stœchiométrique; toutefois, la réduction excédentaire de la solution vanadique reste toujours peu importante et il est utile de remarquer que la formation d'acide formique, comme terme de l'oxydation par le vanadium pentavalent, montre que celle-ci est beaucoup moins brutale que l'oxydation chromique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et propriétés de l'acétate normal de glucinium*, $Be(CH_3COO)_2$. Note de MM. **Jean Besson** et **Horst Dietrich Hardt**, présentée par M. Louis Hackspill.

On signale une nouvelle méthode de préparation de l'acétate normal de glucinium par action simultanée de l'acide acétique et du chlorure d'acétyle sur l'oxyacétate. Ses propriétés le distinguent nettement des autres acétates de la même colonne.

Quand on traite de l'oxyde ou du carbonate de glucinium par de l'acide acétique anhydre et que, après évaporation, on reprend le résidu par un solvant organique, on peut en extraire un composé blanc, bien cristallisé, contenant du glucinium et des groupes acétates. C'est l'oxyacétate $Be_4O(CH_3COO)_6$. C'est encore l'oxyacétate que l'on obtient directement par sublimation, en chauffant le même résidu vers 300° [1].

Par contre, l'acétate normal $Be(CH_3COO)_2$, correspondant aux autres acétates alcalino-terreux, ne peut être isolé. Sa seule méthode de préparation connue jusqu'ici, celle de Tanatar et Kurowsky [2], consiste à chauffer en tube scellé, pendant 4 h, à 140°, de l'oxyacétate en présence d'anhydride et d'acide acétique. La transformation n'est que partielle et l'acétate normal, qui se dépose en croûtes cristallines sur les parois du tube, doit être séparé de l'oxyacétate non transformé.

Nous avons vérifié, d'autre part, confirmant ainsi certains résultats déjà connus [3], que, même dissous dans l'acide acétique anhydre, dans

---

(1) J. Besson et H. D. Hardt, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 19, 1952, p. 417; H. D. Hardt et H. Hendus, *Z. anorg. Chem.*, 270, 1952, p. 298.

(2) *J. Russ. Ges. Chem.*, 36, 1904, p. 82 et 39, 1907, p. 937.

(3) *Gmelins Handbuch der anorg. Chemie*, 8 Aufl., Berlin, 1930, Syst. n° 26.

l'anhydride acétique ou dans le chlorure d'acétyle, l'oxyacétate recristallise de ces solvants sans modification. Mais, si l'on traite à l'ébullition une solution d'oxyacétate dans l'acide acétique absolu par le chlorure d'acétyle, on obtient très rapidement la précipitation d'un produit blanc, cristallin qui, étudié par analyse chimique et aux rayons X (spectres de Debye-Scherrer), se révèle identique à l'acétate normal de Tanatar. On obtient le même résultat en traitant par l'acide acétique une solution d'oxyacétate dans le chlorure d'acétyle. La présence simultanée d'acide et de chlorure d'acide est donc indispensable. Le rendement par rapport au glucinium est voisin de 100 %. D'autre part, il se dégage HCl et nous avons mis en évidence la formation d'anhydride acétique. On peut donc formuler la réaction de la façon suivante :

$$Be_4O(CH_3COO)_6 + 2CH_3COOH + 2CH_3COCl \rightarrow 4Be(CH_3COO)_2 + (CH_3CO)_2O + 2HCl. \quad (I)$$

Cette méthode représente évidemment, par rapport à celle de Tanatar, une simplification considérable. Elle donne en outre un bien meilleur rendement.

La décomposition thermique de l'acétate normal ainsi préparé a été étudiée à la thermobalance de Chevenard. Elle se produit lentement (plusieurs heures) entre 60 et 100°, rapidement (quelques minutes) à 150-180°. Il se forme en principe de l'oxyacétate, qui peut ultérieurement se sublimer :

$$4Be(CH_3COO)_2 \rightarrow Be_4O(CH_3COO)_6 + (CH_3CO)_2O. \quad (II)$$

Cependant, et surtout si la chauffe est rapide, il se superpose à la réaction (II) une autre décomposition :

$$Be(CH_3COO)_2 \rightarrow BeO + (CH_3CO)_2O \quad (III)$$

et on obtient toujours un résidu plus ou moins important d'oxyde. Il est intéressant de comparer ces réactions à celle données par les autres acétates alcalino-terreux et notamment celui de calcium, qui, on le sait, donne par chauffage le carbonate avec dégagement d'acétone. La réaction (III) pourrait, d'autre part, fournir une explication du pouvoir catalytique de BeO dans l'estérification des acides et alcools supérieurs de la série grasse ([4]). Vers 300°, en effet, le sel normal qui pourrait se former

---

([4]) O. Hauser et A. Klotz, *Chem. Ztg.*, 15, 1913, p. 146.

d'abord, est susceptible de se décomposer en donnant l'anhydride correspondant.

La solubilité de l'acétate normal, comparée à celle de l'oxyacétate, présente également des caractères particuliers. Il est plus rapidement mis en solution sous forme ionique par l'eau bouillante que l'oxyacétate. Il est également soluble à chaud dans la pyridine, mais, quelle que soit la pureté de celle-ci (moins de 0,03 % d'eau), c'est l'oxyacétate qui cristallise par refroidissement en octaèdres bien formés, puis, par addition d'un excès de pyridine, forme un complexe de formule $Be_4O(CH_3COO)_6$, 6 Py, sur lequel nous reviendrons par ailleurs.

Par contre, mis à part l'eau et la pyridine, l'acétate normal est insoluble dans tous les autres solvants usuels, qui dissolvent bien l'oxyacétate, en particulier dans l'alcool absolu, contrairement à une affirmation de Steinmetz ([5]).

Il n'a pas été possible, jusqu'ici, d'obtenir des cristaux de taille suffisante pour en permettre une détermination de structure. Mais il est naturel d'admettre que cette structure respecte la tétra coordinence du glucinium et de représenter la molécule d'acétate normal par la formule développée;

$$H_3C-C\overset{O}{\underset{O}{\lessgtr}}Be\overset{O}{\underset{O}{\lessgtr}}C-CH_3$$

Au total les propriétés des acétates de glucinium fournissent un nouvel exemple du comportement toujours particulier du premier élément de chaque colonne, comportement rendu ici encore plus spécial par l'extrême petitesse de l'ion Be^{++}.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Observations aux rayons X de l'évolution d'une solution solide cuivre-zinc depuis l'état faiblement déformé jusqu'à l'état polygonisé.* Note (*) de Mme **Adrienne R. Weill**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'étude en diagrammes de retour, focalisés ou non, des éprouvettes de laiton à 35 % de zinc examinées au microscope par Pierre A. Jacquet confirme en le précisant le mécanisme de la polygonisation de la solution solide. On reconnaît, par l'aspect des réflexions, les modes de cristallisation précédant la polygonisation.

On a examiné après faible déformation et au cours de traitements thermiques étagés les éprouvettes de laiton α 65/35 étudiées au microscope par Pierre A. Jacquet ([1]).

([5]) *Z. anorg. Chem.*, **54**, 1907, p. 217.

(*) Séance du 23 novembre 1953.

([1]) *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1248 et 1332.

Sur l'échantillon massif on a pratiqué des examens par diffraction de rayons X en retour, avec ou sans focalisation. Une première série de diagrammes a permis de repérer l'aspect des taches du réseau : 1° non déformé (tête de l'éprouvette); 2° très faiblement écroui (région du congé); ou 3° moins faiblement (centre de l'éprouvette). Enfin l'étude d'un échantillon fortement polygonisé (recuit de 2 h à 600° après faible déformation) a montré qu'alors la presque totalité des taches sont subdivisées en éléments fins. Un diagramme focalisé pris avec un foyer linéaire permet l'analyse des taches : on peut compter parfois plus de 20 éléments de polygonisation faiblement désorientés (*fig.* 1).

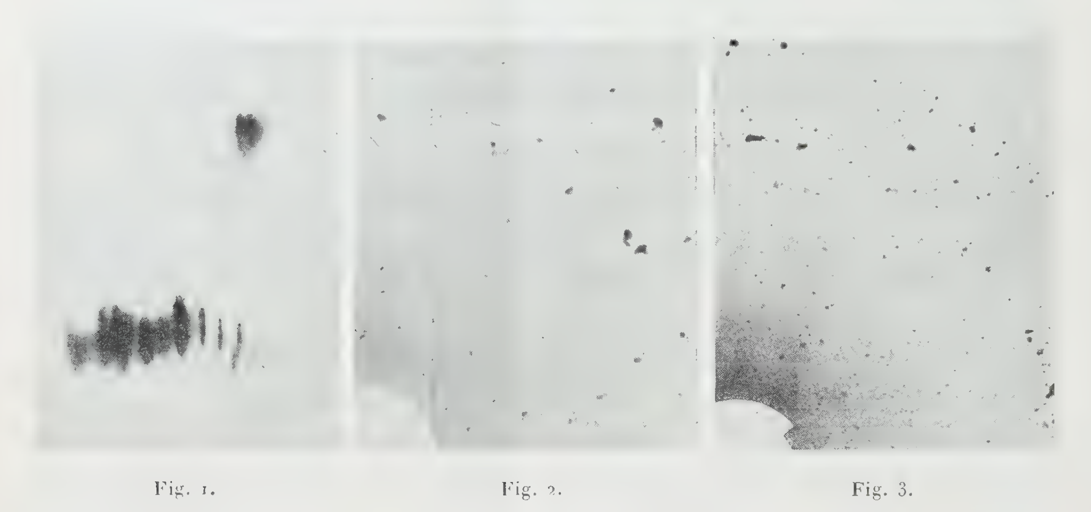


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — Échantillon fortement polygonisé. Agrandissement d'une tache (foyer bilinéaire Rad. Co).
Fig. 2. — Région très faiblement déformée de l'éprouvette avant traitement thermique (Rad. Cu).
Fig. 3. — Même région de l'échantillon après 14 heures de traitement à 200° (Rad. Cu).

Le traitement de 14 h à 200° a pour effet d'augmenter le nombre des réflexions, soit sur les anneaux Debye-Scherrer, soit en Laue. L'effet est particulièrement frappant dans les régions très faiblement écrouies (*fig.* 2 et 3). En l'absence de recristallisation, cette évolution ne peut s'expliquer que par une mise en mouvement des dislocations créées lors de la déformation préalable et bloquées dans les glissements [2].

La subdivision des taches est visible à partir d'un recuit de 1 h à 400°, mais chaque élément en est encore flou. En prolongeant ce recuit, ou en portant l'échantillon pendant 3 h à 500°, on accentue l'effet : la fragmentation gagne un plus grand nombre de taches et celles-ci perdent leur allongement radial au bénéfice de leur extension périphérique.

Si l'échantillon est porté à 600° on retrouve sur les clichés l'aspect carac-

---

[2] N. F. Mott, *Phil. Mag.*, **43**, 1952, p. 1151, et **44**, 1953, p. 741.

téristique de la polygonisation : les taches sont analogues à celles de l'échantillon type (*fig.* 1).

On peut donc discerner trois stades successifs au cours des traitements étagés amenant la polygonisation : 1° mise en mouvement des dislocations bloquées; 2° évolution du réseau avec annulation d'un certain nombre de dislocations de signes contraires; 3° réorganisation du réseau en petits domaines bien cristallisés faiblement désorientés les uns par rapport aux autres.

Ces résultats sont en bon accord avec ceux des examens micrographiques (¹), on précisera dans une publication ultérieure la corrélation que l'on est en droit d'établir.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'addition diénique du cyclopentadiène aux acides benzoylacrylique et cinnamique.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **François Winternitz** et **Georges Rouzier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les synthèses étudiées ont apporté une confirmation de la première et de la deuxième règle d'Alder concernant respectivement le « schéma d'orientation générale » et le principe de la conservation de la configuration du philodiène (¹).

La condensation du cyclopentadiène avec l'acide benzoylacrylique *trans*, dans le benzène et à la température ambiante, conduit à un mélange d'acides benzoyl-2 endométhylène-3.6 cyclohexène-4 carboxyliques, avec un rendement de 92 %. La séparation des deux isomères prévus, endo-*trans* et exo-*trans* (I et II), a été réalisée d'après le schéma de recristallisations en triangle avec un mélange de benzène-ligroïne-éther. On isole ainsi l'acide endo-*trans*, F 136-137° [sel de S-benzylisothiouronium (S. B. T.), F 128-129°] et l'acide exo-*trans*, F 123-124° (S. B. T., F 147-148°), avec prédominance de ce dernier (60 %), proportion établie après étude de la courbe de fusion du mélange de ces deux acides et à l'aide de réactions vérifiant les configurations attribuées. Soulignons que la formation préférentielle de l'isomère exo-*trans* peut être prévue par construction à l'échelle du schéma d'orientation d'Alder (²).

L'action du brome en solution chloroformique ou de l'hypobromite de sodium sur l'isomère supposé endo-*trans* conduit à une bromolactone (III), F 172-173°. D'autre part, en faisant réagir l'acide perbenzoïque sur l'ester méthylique (diazométhane) du même acide et après hydrolyse de l'époxyde intermédiaire, on obtient une lactone-alcool, F 158-159° (IV).

(*) Séance du 23 novembre 1953.

(¹) Alder, *Ann. Chem.*, 571, 1951, p. 157.

(²) E. W. Butz et L. W. Butz, *J. Org. Chem.*, 7, 1942, p. 199.

La formation de ces deux lactones indique bien la position endo de la fonction acide (3). Les mêmes réactions effectuées sur l'isomère exo-*trans* conduisent soit à une bromhydrine (V), F 167-168°, soit à un dérivé dibromé (VI) (amorphe, F 70-74°) ou encore à un acide portant une fonction époxyde (VII).

L'action du brome en solution chloroformique sur le mélange brut de la condensation diénique fournit effectivement 40 % de bromolactone (III) et 60 % de dibromoacide (VI).

L'hydrogénation, par le charbon palladié à 10 %, des deux isomères mène aux acides benzoyl-2 endométhylène-3.6 cyclohexylcarboxyliques endo-*trans*, F 153-154° (S. B. T., F 134-135°) et exo-*trans*, F 178-179°, (S. B. T., F 146-147°).

Enfin, la réduction par l'alliage Raney en milieu alcalin (4) conduit pour les deux isomères saturés précédents aux alcools secondaires correspondants, endo-*trans*, F 212-213° et exo-*trans*, F 199-200°, présentant toujours une fonction acide non lactonisée indiquant, une fois de plus, la position *trans* des deux groupements benzoyle et carboxyle.

La condensation de l'acide cinnamique et du cyclopentadiène, dans le xylène à 170° en tube scellé, engendre un seul acide phényl-2 endométhylène-3.6 cyclohexène-4 carboxylique (VIII), F 102-104° (S. B. T.,

(3) Alder et Stein, *Ann. Chem.*, 504, 1933, p. 216.

(4) Papa, Schwenck et Whitman, *J. Org. Chem.*, 7, 1942, p. 587.

F 131-131,5°). La formation exclusive de cet acide de configuration exo-*trans* vérifie également la prévision de sa constitution déduite du « schéma d'orientation », le rapprochement du noyau aromatique accentuant l'accumulation des doubles liaisons dans la position exo.

Cette configuration a été établie par action du brome en milieu chloroformique sur l'acide (VIII) conduisant uniquement à un dibromoacide (IX) (amorphe, F 55-60°).

L'hydrogénation catalytique de l'acide (VIII) conduit à l'acide phényl-2 endométhylène-3.6 cyclohexylcarboxylique, F 133-135° (S.B.T., F 144-145°).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'iode sur les composés organiques (diphénylhydantoïne et diphénylthiohydantoïne).* Note (*) de M. **Pierre Chabrier**, Mme **Germaine Thuillier** et Mlle **Klaudia Smarzewska**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs décrivent un cas de désulfuration par l'iode conduisant à l'obtention de guanidines cycliques.

Dans une récente Note ([1]), nous avons décrit l'action de l'iode sur la diphénylglyoxalone et sur la diphénylthioglyoxalone en milieu alcoolique, en présence d'amines secondaires. On obtient selon le cas des dérivés des isoamides (I) ou des isothiamides (II)

$C_6H_5-C=C-C_6H_5$; HN, N ; $CO.NRR_1$ (I)

$C_6H_5-C=C-C_6H_5$; HN, N ; $CS.NRR_1$ (II)

Ce type de réaction est un exemple de déshydrogénation avec réajustement au dépens des amines existant dans le milieu.

Dans cette Note, nous étudierons l'action de l'iode agissant dans les mêmes conditions que dans l'exemple précédent sur la diphénylhydantoïne (III) et sur la diphénylthiohydantoïne (IV)

$(C_6H_5)_2C-CO$; HN, NH ; CO (III)

$(C_6H_5)_2C-CO$; HN, NH ; CS (IV)

On observe que les composés (I) et (III), d'une part et (II) et (IV), d'autre

(*) Séance du 30 novembre 1953.

([1]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 929.

part présentent certaines analogies et ne diffèrent que par leur degré d'oxydation.

$$\begin{array}{ccc} C_6H_5CHOH-COC_6H_5 & \xrightarrow{O} & C_6H_5COCOC_6H_5 \\ \downarrow & & \downarrow \\ NH_2.CO(S).NH_2 & & NH_2.CO(S).NH_2 \\ \text{(I) et (II)} & & \text{(III) et (IV)} \end{array}$$

Si l'on ajoute une solution alcoolique d'iode à une solution alcoolique de diphénylhydantoïne renfermant un excès d'une amine secondaire (telle que la morpholine), aucune réaction n'a lieu. On sépare quantitativement la diphénylhydantoïne engagée, et l'iode transforme partiellement la morpholine en iodhydrate de N-iodomorpholine $O\langle\ \ \rangle NI.HI$.

Si l'on ajoute une solution alcoolique d'iode à une solution de diphénylthiohydantoïne renfermant un excès de morpholine, on observe la décoloration progressive de la solution iodée. On chauffe 3-4 heures à reflux le mélange, et sépare par filtration le précipité formé, que l'on lave à l'eau chaude et recristallise dans l'acide acétique glacial. Le composé obtenu fond à 317° au bloc Maquenne. Il se présente sous forme de cristaux blancs, insolubles dans l'eau, les acides et les alcalis dilués, peu solubles à froid dans les solvants organiques. Il ne renferme pas de soufre, et il est remarquablement résistant à l'action hydrolysante des acides et des alcalis.

Les résultats de son analyse élémentaire conduisent à lui assigner la formule (V).

La réaction peut s'écrire suivant l'équation (A)

$$\text{(A)}\quad (C_6H_5)_2C\begin{cases} CO-NH \\ \quad\ | \\ NH-CS \end{cases} + HN\langle\ \ \rangle O + nI_2 \rightarrow (C_6H_5)_2C\begin{cases} CO-NH \\ \quad\ | \\ N{=}CN\langle\ \ \rangle O \end{cases} + H_2S$$

(V)

L'hydrogène sulfuré n'apparaît pas au cours de la réaction, étant oxydé par l'iode. Le rendement est de 65 % par rapport à la diphénylthiohydantoïne engagée pour $n = 3$.

Cette même réaction s'effectue en présence d'ammoniac ou d'amines primaires (benzylamine) et secondaires (morpholine, pipéridine). En présence d'amines tertiaires (pyridine), on n'observe pas de réaction.

Composés nouveaux préparés :

$$(C_6H_5)_2C\begin{cases} CO-NH \\ \quad\ | \\ NH{=}C.NRR_1 \end{cases} \quad \text{où} \begin{cases} RR_1 = C_4H_8O; & F\ 311°, \\ RR_1 = C_5H_{10}O; & F\ 317°, \\ RR_1 = H_2; & F\ 348°, \\ RR_1 = H,\ CH_2C_6H_5; & F\ 160°. \end{cases}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de quelques sels de* bis-*pyridiniums quaternaires; appréciation analytique de la marche de la réaction.* Note de MM. **Jean-Albert Gautier, Roland Epsztein** et **Martin Olomucki**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation catalytique des sels de *bis*-pyridiniums au moyen du Pt d'Adams les transforme quantitativement en sels des *bis*-pipéridines correspondantes. La conversion de chaque fonction pyridinium en cycle pipéridique se traduit sur le plan ionique par la naissance d'un proton ; on peut donc contrôler le cours de la réaction à l'aide d'une simple acidimétrie.

Les sels de *bis*-pyridiniums quaternaires ont fait l'objet au cours des années dernières d'une étude systématique dans le laboratoire de J.-A. Gautier, et les termes les plus simples de cette série, répondant à la formule générale (I), ont été décrits en 1945 dans la thèse de E. Leroi [1]. A l'occasion des recherches sur la fonction ammonium quaternaire poursuivies par Marszak et collaborateurs, il est apparu intéressant de tenter le passage des *bis*-pyridiniums aux *bis*-pipéridines (II) au moyen de l'hydrogénation catalytique.

$$\overset{\oplus}{\underset{X^{\ominus}}{N}}-(CH_2)_n-\overset{\oplus}{\underset{X^{\ominus}}{N}} \xrightarrow{+6H_2} N-(CH_2)_n-N + 2XH$$

(I) (II)

La technique au Pt d'Adams s'est révélée parfaitement convenable; elle conduit au rendement théorique aux température et pression ordinaires : l'absorption de $6H_2$ est régulière et la courbe ne s'infléchit qu'au niveau de la sixième molécule de gaz.

Nous avons soumis à ce mode opératoire des dibromures de NN′ polyméthylène-*bis*-pyridiniums (I, $X = Br$, $n = 3$, 4, 5 et 6) qui ont été convertis en dibromhydrates des bases *bis*-pipéridiques (II). Nous opérons sur 0,0025 mol de sel, dissous dans l'éthanol à 97°, et que nous soumettons à l'agitation avec le catalyseur au Pt; lorsque l'absorption est terminée on filtre le catalyseur, chasse le solvant et recristallise de l'alcool le dibromhydrate solide. Outre leur analyse, la constitution des dibromhydrates de bases pipéridiques a été vérifiée comme suit :

1° la base correspondant au terme $n = 3$ a été synthétisée par la méthode de Töhl [2] et convertie en un dibromhydrate qui s'est montré identique au sel obtenu par hydrogénation du dibromure de triméthylène-*bis*-pyridinium (I, $n = 3$).

2° le dibromhydrate résultant de l'hydrogénation du sel de tétraméthylène-*bis*-pyridinium (I, $n = 4$) a été décomposé par la soude : la base libérée pré-

---

(1) *Thèse Pharm. État*, Paris, 1945.

(2) *Ber.*, 28, 1895, p. 2217.

sente les mêmes constantes et forme le même dipicrate que le dipipéridinobutane (II, $n=4$) décrit dans la littérature ([2]).

Les quatre dibromhydrates ainsi préparés constituent des cristaux solubles dans l'eau présentant les constantes suivantes : $n=3$: F 277-282°; $n=4$: F 300-305°; $n=5$: F 235-240°; $n=6$: F 260-265°. Les bases correspondantes sont déjà connues et ont été décrites ([2]), ([3]), ([4]).

L'hydrogénation peut être réalisée aussi au moyen du nickel de Raney, mais dans ce cas l'absorption du gaz est légèrement déficitaire et les sels obtenus plus difficiles à purifier (traces de Ni). Il apparaît donc que la technique au Pt d'Adams peut être retenue comme avantageuse pour la transformation des *bis*-pyridiniums en *bis*-pipéridines. Il y a lieu de souligner que si l'hydrogénation catalytique a déjà été appliquée à certains pyridiniums, les méthodes proposées requièrent en général des températures et pressions plus ou moins élevées.

Enfin, il n'est pas sans intérêt de signaler que la marche de l'hydrogénation peut être suivie aisément par une simple titrimétrie; le procédé applique les modalités particulières de l'acidimétrie en solvants organiques, sur lesquelles l'un de nous a récemment attiré l'attention ([5]) et qui avaient déjà servi dans l'étude de l'hydrogénolyse de certains ammoniums ([6]). En effet, l'hydrogénation du noyau pyridinium en cycle pipéridique se traduit par la libération d'un élément d'acidité : des six atomes d'hydrogène consommés, cinq sont fixés à l'état covalent, mais le sixième *s'ionise en proton*

$$C_5H_5\overset{\oplus}{N}{-}R + 3H_2 \rightarrow C_5H_{10}N{-}R + H^{\oplus}$$

formant une molécule d'acide avec l'anion du pyridinium. Effectivemment, tandis que le bromure de pyridinium initial, sel d'acide fort et de base forte, se comporte comme neutre, la bromhydrate de la base pipéridique qui prend naissance, sel de base plus faible, acquiert en milieu alcoolique (peu ionisant) une réaction acide et *peut être dosé comme un acide libre* (soude alcoolique et phénolphtaléine). De fait, on observe l'acidification progressive de la liqueur et la courbe de l'acidité croissante est superposable à la courbe d'hydrogénation. On peut même, pour confirmation, doser par alcalimétrie avec un indicateur approprié la base pipéridique libérée du bromhydrate; il suffit en pratique d'ajouter à la liqueur issue du dosage acidimétrique précédent, du bleu de bromophénol et éventuellement de diluer avec de l'eau pour rendre le solvant plus ionisant.

([3]) von Braun, Kuhn et Goll, *Ber.*, 59, 1926, p. 2337.

([4]) von Braun, *Ber.*, 43, 1910, p. 2862.

([5]) J. A. Gautier, *Ann. Chim. Anal.*, 35, 1953, p. 31.

([6]) R. Epsztein, M. Olomucki et I. Marszak, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 777.

Nous tentons présentement d'utiliser ce procédé analytique dans l'étude de l'hydrogénation sélective du noyau pyridinium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la cyclisation du β-hydroxy-farnésylacétate d'éthyle. II. Structure d'une hydroxy-lactone* $C_{17}H_{28}O_3$, F 116° (¹), (²). Note de Mme **Cécile Collin-Asselineau**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'un des produits de la cyclisation du β-hydroxy-farnésylacétate d'éthyle est une hydroxy-lactone F 116° (IV). La formule (V) est démontrée pour son produit d'hydrogénation. La position de la double liaison dans la lactone (IV) est discutée.

La condensation du farnésal avec le bromacétate d'éthyle, selon Réformatzky, fournit l'ester hydroxylé $C_{19}H_{32}O_3$ (I) (²) ou le mélange de (I) et de ses produits de déshydratation $C_{19}H_{30}O_2$ (II), suivant que la réaction est effectuée en solution éthérée diluée (³), ou en solution benzénique concentrée. La distillation de (I) sur l'acide naphtalène-sulfonique fournit le mélange (II) (spectre U.V. du mélange : λ_{max} 235 mμ, ε = 14.500; λ_{max} 278 mμ, ε = 9.500; trouvé %, C 78,39; H 10,41; calculé %, pour $C_{19}H_{30}O_2$: C 78,57; H 10,41).

Le traitement, par l'acide formique concentré à 80°, du β-hydroxy-farnésylacétate (I) (⁴), suivi de saponification, conduit à un mélange de lactones (Rdt 90 %), d'où on sépare par cristallisation une lactone F 116° (Rdt 15 %), à laquelle nous attribuons la formule (IV) :

Les résultats analytiques sont en accord avec la formule $C_{17}H_{28}O_3$: trouvé %, C 72,74; H 10,21; H mobile : 0,38; P. M. (Rast) 245; calculé % C 72,62; H 10,06; H mobile 0,34; P. M. 262.

(¹) XVIe communication sur la chimie de l'ambre gris; XVe comm., *voir* (²).

(²) Partie I : C. Collin-Asselineau, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 634.

(³) M. Stoll, *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 678.

(⁴) Une lactone bicyclique F 125°, décrite antérieurement, (²) provient exclusivement de la cyclisation d'esters déshydratés (II).

La fonction lactone, dont la présence ressort des indices d'acidité (0) et de saponification (140) est une δ-lactone d'après son spectre I. R. (bande à 5,84 μ). L'hydroxyle est mis en évidence par le dosage selon Zérévitinoff, par le spectre I. R. (bande à 2,87 μ) et par la déshydratation en une lactone insaturée $C_{17}H_{26}O_2$: $É_{0,1}$ 120° ([5]); trouvé %, C 78,02; H 10,03; calculé %, C 77,82; H 10,00. La présence d'une double liaison dans la lactone F 116° (IV) ressort de l'oxydation perbenzoïque ($É_{0,1}$ 180°; trouvé %, C 68,93; H 9,41; calculé %, $C_{17}H_{28}O_4$; C 68,89; H 9,52) et de l'hydrogénation catalytique en une hydroxylactone saturée $C_{17}H_{30}O_3$ (V) ($É_{0,1}$ 150°; d_4^{22} 1,032; n_D^{22} 1,4937; R. M. 79,58; trouvé %, C 72,28; H 10,61; calculé R. M. 79,48; C 72,30; H 10,71). Le spectre I. R. de la lactone F 116° montre une bande à 12,42 μ, attribuable à une double liaison trisubstituée. L'ozonisation n'engendre aucun produit volatil. L'oxydation permanganique en milieu neutre (neutralité du milieu réactionnel assurée par addition d'amberlite IRC 50 ([6]) donne un acide-lactone qui possède un groupement —CO—CH_3 révélé par le test au bromoforme, et dont le spectre U. V. ne présente aucun maximum entre 217 et 300 mμ. Ceci fixe la position de la double liaison dans la lactone (IV), soit en 3-4, soit en 4-5; si la double liaison était en 2-3, le produit d'oxydation en milieu neutre devrait présenter le spectre U. V. caractéristique des β-céto-esters.

La lactone saturée (V) fournit un acétate $É_{0,1}$ 150° (trouvé % : C 70,41, H 9,87; calculé pour $C_{19}H_{32}O_4$: C 70,33, H 9,94) dont la pyrolyse conduit au mélange (VI), $É_{0,1}$ 160°; d_4^{22} 0,993; n_D^{22} 1,4953; R. M. 77,59 [trouvé % : C 77,48; H 10,59; calculé pour $C_{17}H_{28}O_2$ (une double liaison) R. M. 77,49, C 77,22, H 10,67]. L'oxydation chromique de (VI) donne un acide (VII), purifié par l'intermédiaire de son ester méthylique ($É_{0,1}$ 160°, trouvé % : C 67,30, H 9,05; calculé pour $C_{15}H_{24}O_4$: C 67,13, H 9, 02) et une méthylcétone (VIII) (test au bromoforme positif) $É_{0,1}$ 150° (trouvé % : C 72,21, H 9,92; calculé pour $C_{16}H_{26}O_3$: C 72,14, H 9,84), semi-carbazone F 162° (trouvé % : C 62,96, H 9,03, N 13,20; calculé pour $C_{17}H_{29}O_3N_3$: C 63,13, H 9,04, N 12,99).

L'hydrogénation catalytique de (VI) fournit une lactone saturée (IX) $E_{0,1}$ 160° (d_4^{22} 0,978; n_D^{22} 1,4832; R. M. 77,82; trouvé % : C 76,38; H 11,28; calculé pour $C_{17}H_{30}O_2$: R. M. 77,96; C 76,65; H 11,35). Par traitement de (IX) par le méthanol sulfurique, suivi de saponification, on obtient un mélange d'acides insaturés (X), dont *les produits d'oxydation chromique contiennent de la méthyl-6 heptanone-2* (XI), identifiée par comparaison de sa semi-carbazone F 156° avec un échantillon authentique (trouvé % : C 58,60; H 10,30; N 22,50; calculé pour $C_9H_{19}ON_3$: C 58,34; H 10,34; N 22,68).

([5]) Les températures indiquées sont celles du bain d'air.

([6]) H. Beinert, S. W. von Korff, D. E. Green, D. A. Bruyske, R. E. Handschumacher, H. Higgings et F. M. Strong, *J. Biol. Chem.*, 200, 1953, p. 385.

L'obtention de la lactone (IV) à partir du β-hydroxy-farnésylacétate (I) est à rapprocher de l'obtention du formiate de l'α-bisabolol (XII) à partir du farnésol ([7]), ainsi que de la cyclisation du linalol en α-terpinéol pour laquelle Eschenmoser ([8]) suppose l'intervention d'un mécanisme S_{N2} interne en se basant sur la conservation de l'activité optique. D'autre part, la fixation d'acide formique sur une double liaison est un fait connu ([9]). Il est donc à présumer que la cyclisation du β-hydroxy-farnésylacétate d'éthyle fournit d'abord un diformiate (III), que la saponification transforme en hydroxy-lactone F 116° (IV).

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la stabilité, en solution dans l'acétone, du complexe* ($NaI, 3CH_3—CO—CH_3$). Note (*) de M. **Werner Rosenthal**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le triacétonate d'iodure de sodium ($INa, 3CH_3—CO—CH_3$) est moins stable en solution acétonique que le dérivé (INa, 3DMF) dans la diméthylformamide (DMF). Il a été montré, à l'aide d'échangeurs d'anions, qu'il est partiellement ionisé, et accessoirement, que l'échangeur d'anions ne catalyse une condensation de l'acétone qu'en présence d'humidité.

L'étude de la solubilité de l'acétylène dans des solutions d'iodure de sodium ([1]) a montré une différence de comportement entre le cas de l'acétone et celui de la diméthylformamide (DMF). Pour expliquer cette différence, nous avons été conduit à envisager, dans le cas de l'acétone, la possibilité d'une dissociation partielle, en solution, du triacétonate, et dissolution de C_2H_2 dans l'acétone ainsi libérée.

La dissociation correspondrait à l'équilibre :

1° $NaI, 3CH_3—CO—CH_3 \rightleftharpoons NaI + 3CH_3—CO—CH_3$ et présence dans la solution d'ions Na^+ et I^-.

2° On peut aussi penser à l'existence en solution d'un complexe ionisable.

$$[Na(I, 3CH_3—CO—CH_3)] \rightleftharpoons Na^+ + (I, 3CH_3—CO—CH_3)^-.$$

L'existence du premier de ces équilibres est démontrée par les essais suivants :

a. Électrolyse des solutions : il y a libération d'iode à l'anode et formation de soude à la cathode; l'électrolyse porte sur NaI

b. action, sur les solutions, des solvants organiques (éther, chloroforme, C_6H_6) qui précipitent l'iodure de sodium;

([7]) L. Ruzicka et E. Capato, *Helv. Chim. Acta*, 8, 1925, p. 259.

([8]) *Thèse E. T. H.*, Zurich, 1952, p. 7.

([9]) *Voir* par exemple G. Bouchardat et J. Lafond, *Comptes rendus*, 102, 1886, p. 1555.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

([1]) A. Maillard et W. Rosenthal, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2346.

c. réaction des bromures d'alcoyle [réaction de Finkelstein ([2])] qui conduit à une précipitation de NaBr avec formation d'iodure d'alcoyle.

(Avec la solution de NaI dans la DMF, les solvants précipitent le complexe et non l'iodure de sodium et la réaction de Finkelstein est négative, c'est-à-dire qu'il n'y a pas formation de bromure de sodium, ni d'iodure d'alcoyle.)

Pour vérifier l'existence du deuxième équilibre nous avons fait appel aux échangeurs d'ions.

L'opération a été réalisée sur une solution de NaI dans l'acétone, d'une part à 20° où le complexe existe, d'autre part à 30° où le complexe n'existe plus (limite d'existence 25°,7) ([3]), ([4]).

Une quantité déterminée d'échangeur d'anions ([5]) a été mise en contact, pendant 6 h, avec la solution à ces deux températures. Dans les deux cas on a déterminé la concentration en NaI des solutions, après séparation de l'échangeur. Normalement, qu'il y ait complexe ou non, la même quantité d'iode doit être éliminée, mais, si le complexe existe en solution sous la forme [(3 acétones, I) Na] l'iode doit entraîner une quantité d'acétone correspondante à 3 mol d'acétone par atome d'iode (anion : 3 acétones, I).

La solution doit s'appauvrir en acétone, autrement dit, sa concentration en NaI doit être plus élevée, dans le cas de l'essai à 20° que dans celui à 30°.

Les essais ont porté sur une solution de densité 0,927 à 20° (14,47 g de NaI % g de solution). Les valeurs suivantes pour la densité finale, mesurée à 20°, ont été enregistrées :

Pour la solution traitée à 20° : 0,917;

Pour la solution traitée à 30° : 0,910.

Ce résultat semble donc en accord avec l'existence en solution du complexe [Na (I, 3 acétones)] mais il restait à vérifier que de l'acétone, elle-même, n'est pas fixée sur l'échangeur d'ion par condensation, possibilité niée par Astle et Zaslowsky ([6]) parce que la déacédite ne serait pas une base assez forte pour catalyser cette condensation. Cette vérification a été faite de la manière suivante : la résine a été placée en contact à 20° et à 30° :

1° avec de l'acétone humide;

2° avec de l'acétone anhydre.

Après 3 jours de contact, les échantillons ont été portés à l'étuve, à 125°, jusqu'à constance de poids. Il n'y a eu d'augmentation permanente que dans le cas de l'acétone humide, comme le montrent les nombres suivants exprimant les augmentations de poids en grammes par gramme de résine.

([2]) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 1528.

([3]) Shipsey et Werner, *J. Chem. Soc.*, **103**, 1913, p. 1255.

([4]) Macy et Thomas, *J. Amer. Chem. Soc.*, **48**, 1926, p. 1547.

([5]) Déacidité **249** de Philips et Pain.

([6]) *Ind. Eng. Chem.*, **44**, 1952, p. 2867,

	Augmentation de poids	
	à 20°.	à 30°
1° Acétone avec eau (traces)..	0,0301	0,0637
2° Acétone sans eau	0,00	0,00

Le produit de condensation est énergiquement retenu sur la résine, car un chauffage à 160° pendant 2 h 30 mn n'en a éliminé qu'une infime partie, et au-dessus de cette température, la résine elle-même, risque de se décomposer. L'acétone dont nous nous sommes servi pour nos mesures de solubilité et d'échange d'ion étant le même que celui des essais en absence d'eau, nous pouvons conclure que le composé NaI, 3 acétones existe en solution, qu'il y est au moins partiellement ionisé en Na^+ et $(I, 3CH_3COCH_3)^-$. On est donc en droit de conclure que les deux équilibres mentionnés plus haut, existent bien dans la solution acétonique d'iodure de sodium.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'une* tillite *antécambrienne près de Caen.* Note de MM. **Louis Dangeard** et **Maurice Graindor**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1950, Eugène Wegmann et nous-mêmes [1] avons attiré l'attention sur les caractères aberrants de la formation antécambrienne de Granville et montré son analogie avec les tillites et leurs dépôts associés que l'on trouve sous le Cambrien au pourtour de l'Atlantique septentrional.

Nous sommes en mesure de confirmer l'opinion que nous avons émise sur les couches de Granville et de signaler l'existence d'une tillite bien caractérisée à Saint-Germain d'Ectot, à 25 km à l'Ouest de Caen.

C'est au cours du creusement d'un puits communal, au voisinage de venues d'eau importantes, qu'ont été extraits les matériaux qui nous ont frappés tout d'abord : blocs de toutes dimensions mélangés avec des graviers et des éléments fins, galets glaciaires typiques, façonnés aux dépens de phtanites et de grès précambriens.

La recherche systématique des affleurements au voisinage de ce premier gisement a permis de retrouver la tillite en place, en deux points distants de plus d'un kilomètre, la long de la route de Saint-Germain à Anctoville. Il s'agit de couches verticales épaisses, intercalées dans une série antécambrienne et contenant des éléments disposés sans triage dans une gangue schisteuse mal stratifiée. Les caractères des galets sont remarquables : certains blocs atteignent 38 cm de diamètre; les galets de grès argileux sont aplatis, très usés; ceux de phtanite sont souvent très profondément évidés, parfois cannelés.

On observe des galets déformés, impressionnés, de nombreux échantillons montrant d'anciennes faces d'éclatement, principalement aux extrémités. L'étude des sections et l'évaluation des indices d'émoussé corroborent l'origine glaciaire. Il faut noter la présence de faciès tilliques fins, de schistes varvés souvent onctueux au toucher, et d'anciens lits boueux à profils dentelés.

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 979.

Nous considérons que le gisement de Saint-Germain d'Ectot est plus intéressant encore que celui de Granville, car les galets sont ici faciles à extraire de la gangue et leurs caractères glaciaires sont très bien conservés. Nos observations portent sur 150 galets environ, mais ce nombre pourra être facilement augmenté.

Le remaniement des phtanites et des grès dans la tillite prouve qu'elle appartient à un niveau élevé du Précambrien, donc aux derniers dépôts effectués sur la marge du continent cadomien avant la transgression cambrienne.

En définitive, il nous apparaît comme bien établi que la grande glaciation *subcambrienne* (ou *éocambrienne*) nordique dont les traces les plus proches ont été signalées en Écosse et en Norvège a fait sentir son action jusque dans cette partie de l'Europe moyenne.

GÉOLOGIE. — *Observations stratigraphiques sur les formations corralligènes du Bugey (Ain).* Note de M. **Marcel Pelletier**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une Note antérieure ([1]), j'ai indiqué l'existence de deux niveaux coralligènes principaux dans les environs de Saint-Germain de Joux et de Charix. Je puis aujourd'hui préciser leur position dans l'échelle stratigraphique classique.

Le *Séquanien* débute par une assise de calcaire à grosses pisolithes pouvant dépasser la grosseur d'une noix. Cette formation paraît constante dans tout le Bugey, à la base du *Séquanien* (ou *Astartien*). Je la signalerai notamment en plusieurs points des talus de la route du Moulin de Charix au Burlandier dans la vallée de la Sémine et au Col de Bérentin, sur le plateau de Retord.

Au-dessus, viennent des calcaires compacts, des calcaires marneux à taches bleues ou des calcaires oolithiques : c'est là le premier niveau coralligène.

Les calcaires oolithiques ont leur épaisseur maximum (environ 40 m) au pont de Prapon, le long de la route de Saint-Germain de Joux à Échallon et en remontant le ruisseau des Mares. Les Polypiers branchus, en place, n'y sont pas rares. Sous peu, je pense donner la liste des espèces caractéristiques de ce premier niveau coralligène.

La surface supérieure de cet ensemble oolithique a été remaniée; çà et là, de petites lentilles de marnes et de calcaires bleutés ou jaunâtres m'ont fourni des Périsphinctidés du Séquanien supérieur : *Ataxioceras lothari* Opp., *At. effrenatum* Font. La présence de ces Ammonites prouve

---

([1]) M. Pelletier, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1664.

l'âge séquanien des assises sous-jacentes. L'existence de ces lambeaux-témoins avait échappé à Schardt [2] et à l'abbé Bourgeat [3].

Lorsqu'on s'éloigne du centre du récif, les assises oolithiques séquaniennes diminuent d'épaisseur, ne mesurant plus que 5 ou 6 m à l'Ouest du Burlandier, après le passage à niveau, mais elles y renferment encore des Ammonites : *Planites* cf. *unicomptum* Font. Cette série réduite repose sur des calcaires compacts ou marneux qui, au droit de la scierie du Burlandier, m'ont fourni : *Ataxioceras hypselocyclum* Font., *Aspidoceras* cf. *acanthicum* Opp.; elle supporte elle-même des bancs de calcaires marneux ou bréchiques, à surface rugueuse, riches en fossiles, malheureusement en mauvais état de conservation : *Ataxioceras* cf. *polyplocum* Rein., *At.* cf. *lothari* Opp., *At.* cf. *effrenatum* Font., *Planites unicomptum* Font., etc.

Le *Kimméridgien inférieur* ou *Ptérocérien* n'est pas coralligène, contrairement aux opinions classiques de Schardt et de l'abbé Bourgeat. Sur la route de Saint-Germain de Joux à Échallon, il s'agit de calcaires compacts en gros bancs devenant localement, soit oolithiques, soit à pisolithes roses plus ou moins fondues dans la masse, soit dolomitiques. Au pont de Prapon et près de la fromagerie des Mares, ils reposent sur les lambeaux-témoins à Ammonites du Séquanien supérieur, signalés ci-dessus. Entre le Burlandier et la Grange-La Tour, ce sont des calcaires marneux surmontés de calcaires oolithiques ou marneux, à délit écailleux, bien visibles sur la route de Plagnes, juste au-dessus de la route de Lalleyriat. Le Ptérocérien se termine par quelques intercalations dolomitiques et par un ou deux bancs de calcaires sublithographiques fossilifères. Une coupe analogue se rencontre en divers points du plateau de Retord, notamment vers les Granges du Poizat et, plus au Sud, vers la Manche et au voisinage de la ferme de Pré-Devant.

Ces diverses formations renferment des Ammonites à plusieurs niveaux, à savoir : à la base : plusieurs *Ataxioceras*, *Katroliceras crussoliensis* Font., *Physodoceras lallierianum* d'Orb., *Phys.* cf. *orthocera* d'Orb., *Planites progeron* von Ammon, etc.; plus haut : *Nebrodites sautieri* Dum. et Font., *Aspidoceras microplum* Opp., *Planites* sp., etc.; enfin, au sommet, dans un banc de calcaire sublithographique, près de la ferme de Pré-Devant : *Physodoceras caletanum* Opp., *Taramelliceras pseudoflexuosum* E. Favre, *Sutneria eumela* d'Orb., *Streblites weinlandi* Opp., ainsi que de gros exemplaires d'*Exogyra* du gr. *virgula* d'Orb.

Le *Kimméridgien supérieur* ou *Virgulien* comprend le deuxième niveau coralligène de la région (environ 30 m d'épaisseur), exploité en carrières

---

(2) *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, **18**, pl. X, 1882, p. 206-219.

(3) *Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional. Thèse*, Lille, 1887, p. 72-74.

et en galeries près de la gare de Charix-Lalleyriat, au-dessus de Grange Frébuge et un peu au Nord-Ouest des Granges du Poizat. Au Sud du plateau de Retord, ce deuxième niveau passe latéralement à des calcaires crayeux ou schisteux en plaquettes à *Zamites feneonis* Brong. et *Exogyra* cf. *virgula* d'Orb., analogues à ceux du lac d'Armailles. Ils m'ont fourni, avant d'arriver à la ferme de Pré-Devant, quelques Ammonites : *Aulacosphinctoides* sp. (à la base), *Neochetoceras steraspis* Opp. (au sommet). Les Polypiers des assises oolithiques virguliennes, dont l'étude est en cours, permettent de reconnaître sans ambiguïté ce niveau coralligène. Le Virgulien récifal se termine par une vingtaine de mètres de dolomies et de marnes dolomitiques à *Exogyra* gr. de *virgula* d'Orb.

Au-dessus et dans toute la région, le *Portlandien inférieur* débute par des calcaires compacts sublithographiques, à tubulures et à flammures roses ou gris-bleu, qui ont fourni aux carrières du Chaillay : *Gravesia portlandica* de Lor. et *Gr. irius* d'Orb.

Ainsi, les deux niveaux coralligènes de la région de Saint-Germain de Joux se trouvent bien datés par les niveaux à Ammonites qui les encadrent.

GÉOLOGIE. — *Les appareils phonolitiques du Sarho.*

Note de M. **Jean Hindermeyer**, présentée par M. Paul Fallot.

Le volcanisme phonolitique du Sarho comprend trois stades principaux d'émission : mio? — pliocène, villafranchien, post-villafranchien. Il permet l'analyse des rajeunissements tectoniques successifs de l'ancien pli de fond hercynien, qui se sont poursuivis jusqu'au Quaternaire récent.

Les phonolites du Sarho (1) ont été signalées dès 1934 (2). Leur composition pétrographique détaillée, principal objet d'une publication récente de L. U. de Sitter (3), n'est pas abordée dans cette Note.

Soulevé en bombement de fond par l'orogénie hercynienne, le Sarho n'a subi depuis lors qu'une évolution continentale : les seuls témoins de son histoire tertiaire récente, situés au cœur de la chaîne, sont environ vingt appareils phonolitiques, constitués de cheminées, dykes, coulées, tufs et brèches; ils sont localisés surtout sur la ligne de crête et le flanc sud du Sarho central et oriental.

Les coulées se sont épanchées à trois niveaux principaux d'érosion :

---

(1) Le terme « phonolite » désigne ici outre les véritables phonolites, les plus répandues, quelques ankaratrites.

(2) L. Clariond et St. Ghika-Budesti, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.* 19 novembre 1934, p. 208-210.

(3) L. U. de Sitter, C. M. de Sitter-Koomans et H. Heetveld, *Géologie en Mijnbouw*, nw. s. 14° Jargang n° 8, Aug. 1952, p. 267-276.

1. *Le niveau A*, le plus élevé, est antérieur au principal cycle d'émission : coulées doubles et plus souvent triples, dont l'extension en nappe, pour chaque appareil, dépassait rarement le kilomètre, avec une épaisseur totale maximum inférieure à 100 m.

Les necks, larges de quelques dizaines de mètres et à section verticale grossièrement ogivale, sont remplis de lave souvent bréchoïde. Entre les coulées, l'alternance de brèches (où se mèlent aux blocs de phonolites des éléments arrachés au substratum formé de Précambrien III) et de tufs phonolitiques en fines stratifications entrecroissées laisse supposer qu'à des explosions succédait la formation de petits lacs éphémères, attestés par des dépôts lacustres locaux (Amalou n'ou Mansour, Tigouna).

La surface d'érosion A a été gauchie et portée aux cotes actuelles moyennes de 2 600 à 2 200 m, lors de réajustements positifs de l'ancien pli de fond hercynien; le rejeu de failles (précambriennes ou hercyniennes) a ainsi décalé verticalement certains panneaux de la surface A; à titre d'exemple, la butte témoin de coulée phonolitique du Tazlout n'Timerzaï (1850 m) a été abaissée d'environ 300 m.

2. *Le niveau d'érosion* B n'est représenté que par des lambeaux de surfaces de quelques centaines de mètres emboîtés à 150-200 m en contrebas du niveau A; ils supportent des tufs, brèches et coulées phonolitiques d'extension très limitée.

Un type de ces appareils est situé à 1,5 km au Nord-Est du Tazlout n'Timzeraï, déjà nommé :

C'est un système assez complet comprenant un culot central de lave (diamètre 15 à 20 m), entouré par les restes des parois démantelées d'un cône de brèche phonolitique (pente 30°), où des blocs de lave (taille, 50 cm) sont enrobés dans un ciment altéré jaunâtre; des explosions ont sans doute amorcé le démantèlement de ce premier appareil, continué lors d'une courte phase d'érosion qui a accumulé, en contrebas, des brèches et des tufs; puis ceux-ci furent recoupés par des dykes phonolitiques lors d'une nouvelle émission, peut-être quaternaire (4).

3. Le volcanisme phonolitique a repris faiblement au Quaternaire : des témoins de coulées s'étagent entre quelques mètres et près de 150 m au-dessus du cours actuel des oueds; les coulées élevées sont séparées du niveau antérieur B par une importante phase de creusement qui a provoqué sur les flancs nord et sud du Sarho un déblaiement ou une surimposition du relief de 150 à 250 m. Ce creusement est très général dans l'Anti-Atlas et la zone subatlasique méridionale où il ravine le comblement mio ?-pliocène : *il est donc villafranchien, et le volcanisme quaternaire du Sarho est post-villafranchien.*

---

(4) H. Gauthier et J. Hindermeyer, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, 7 (sous presse).

Les principaux affleurements en sont :

a. l'appareil placé au flanc ouest de la vallée de l'Asif n'Sit, à 3 km au Sud du Tazlout n'Timerzaï; il comprend des necks et des dykes alignés selon deux failles décalant le substratum géorgien-acadien, et des coulées épanchées à deux niveaux : 30 m et quelques mètres au-dessus de l'oued actuel; ces deux émissions furent liées au minimum à la récouverture des failles antérieures. Cette observation, jointe à d'autres du même ordre ([4]), prouve *l'instabilité tectonique de cette partie du socle africain jusqu'au Quaternaire récent.*

b. Le chapeau de coulée de Taourirt d'Iknioun dont la base (surface de la fin du Villafranchien ?) domine de près de 150 m. l'oued Regg; les lambeaux de coulée conservés sur le glacis d'érosion quaternaire étendu jusqu'à l'oued Regg. à 600 m en contrebas des phonolites du niveau A de l'Amalou n'ou Mansour.

En définitive, les trois stades principaux d'émissions phonolitiques aident à retrouver dans le Sarho certaines des phases tectoniques tertiaires et quaternaires reconnues dans la zone sub-atlasique méridionale ([5]), selon le schéma provisoire suivant :

1. *Phase post-oligocène :* exhaussement de l'ancienne pénéplaire (niveau A); émission phonolitique mio ?-pliocène; érosion accumulant dans le sillon pré-africain du matériel détritique mio ?-pliocène surtout gréseux.

2. *Phase ante-villafranchienne :* nouveau rejeu positif; émission phonolitique villafranchienne sur la surface d'érosion terminale du pliocène B; érosion accumulant au Nord du Sarho des cailloutis grossiers villafranchiens [rañas de F. Joly et P. Birot ([6])].

3. *Phase post-villafranchienne :* réajustements « posthumes »; émissions phonolitiques quaternaires sur des niveaux datant de la fin du Villafranchien au Quaternaire récent.

GÉNÉTIQUE. — *Étude cytologique de quelques hybrides d'*Iris *bulbeux.* Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'étude d'hybrides d'*Iris* Bulbeux a permis de constater un certain nombre d'irrégularités, surtout la présence de multivalents assez complexes. L'*I. Willmottiana alba*, supposé hybride, montre une conjugaison asyndétique dans 50 % des cellules. Les ponts chromatiques observés indiquent l'existence chez les espèces parentes d'inversions entre chromosomes homologues.

Les *Iris* Bulbeux se subdivisent en quatre sections : suivant que leurs bulbes sont pleins, solides (*Gynandriris*) ou écailleux, à racines persis-

---

([5]) H. Gauthier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 540.

([6]) *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 31, p. 214.

tantes (*Juno*) ou caduques, à tuniques membraneuses, lisses (*Xiphion*) ou fibreuses, réticulées (*Recticulata*). Entre ces diverses Sections, il n'existe pas d'hybrides, mais parmi les *Juno*, les *Xiphion* et les *Recticulata* il en a été signalé quelques-uns. Dans la présente Note, nous avons étudié quelques hybrides :

Dans les *Juno*, les *I. Warlsind : I. Warleyensis* ($n = 12$) ×*sindjarensis* ($n = 11$), *Sindpers : sindjarensis* ×*persica* ($n = 13$) et *Sindperspur : sindjarensis* ×*persica purpurea* de Van Tubergen.

Somatiquement, ils ont respectivement $2n = 23$, 24 [1] et 34; soit pour les deux premiers la somme du nombre chromosomique haploïde des espèces parentes; quant au dernier hybride, l'*I. persica purpurea*, introuvable et n'ayant jamais été étudié cytologiquement, ce doit être un gamète à $n = 23$ qui a été viable (♀ $n = 11$ + ♂ $n = 23$).

Nous n'avons analysé la méiose que chez les *I. Warlsind* ($2n = 23$) et *Sindpers* ($2n = 24$). Tous deux présentent de nombreuses irrégularités. A la métaphase I notamment, il existe des univalents, des bivalents et des multivalents; soit respectivement, en moyenne, par cellule, 5,4 et 10,2 univalents, 5,5 et 3,7 bivalents, 1,5 et 2,0 trivalents, 0,4 et 0,1 tétravalents, 0,04 et 0,02 pentavalents et hexavalents, c'est-à-dire 17,5 et 14 éléments conjugués pour 7,4 et 5,8 configurations chromosomiques : l'*I. Warlsind* a une conjugaison plus forte que celle de l'*I. Sindpers*.

D'autre part, nous avons déjà signalé [2] que l'*I. Willmottiana alba* possède un nombre aberrant, polysomique, $2n = 21$. L'analyse méiotique de cet *Iris* vient d'être effectuée par nous; la conjugaison est très faible : 50 % des cellules ont un comportement asyndétique total, soit 21 univalents. Dans les autres cellules nous avons noté la forte prédominance des univalents, l'existence de rares bivalents et celle d'un trivalent dans une cellule; soit, en moyenne, par cellule, 19,7 univalents, 0,6 bivalents et 0,01 trivalents, c'est-à-dire 1,2 éléments conjugués pour 0,6 configurations chromosomiques.

Xiphion. — Sur un matériel plus abondant nous avons repris [2] l'examen d'un hybride : l'*I. Wedgewood* (Van Tubergen), à $2n = 31$, issu des *I. tingitana* ($n = 14$) et *I. xiphium præcox* ($n = 17$). Notre étude confirme la présence de nombreux univalents et de quelques bivalents tout en faisant ressortir l'existence de multivalents, c'est-à-dire, en moyenne, par cellule : 21,7 univalents, 3,2 bivalents, 0,8 trivalents, 0,1 tétravalents et 0,01 pentavalents, soit 9,2 éléments conjugués pour 4,1 configurations chromosomiques.

---

(1) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, **56**, (3), 1932, p. 255.

(2) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1244.

Dans ces divers hybrides, nous avons trouvé des figures hétéromorphiques consistant en l'union de chromosomes différents par la taille et la forme. Notons aussi qu'à l'anaphase I de l'*I. Sindpers* et que dans 50 % environ des cellules de l'*I. Warlsind* il existe, entre les masses anaphasiques, un pont chromatique accompagné le plus souvent d'un fragment. A la métaphase II, quelques-uns de ces ponts persistent entre les deux plaques équatoriales.

Chez les *I. Warlsind*, *Sindpers* et *Wedgewood*, nous avons également constaté la division de quelques univalents à l'anaphase I, la présence, à l'intercinèse, de deux noyaux, de volume très variable, accompagnés de quelques micronucléi (1-4). Des retardataires sont assez fréquents à l'anaphase II et les tétrades, très irrégulières, renferment jusqu'à 7-8 cellules. Quant à l'*I. Willmottiana alba*, le manque presque total de conjugaison à la métaphase I aboutit à un désordre très marqué. A l'anaphase I, une émigration des chromosomes vers les pôles ne semble exister qu'autant que des bivalents (1-3) sont présents; leur disjonction arrive à entraîner et à inclure ultérieurement quelques univalents dans les masses polaires télophasiques. Mais lorsque l'asyndèse est complète (50 %), les univalents dispersés dans le cytoplasme se clivent, certains se divisent sans déplacement ultérieur. L'éparpillement est au maximum; malgré tout, certains éléments rapprochés donnent naissance à des noyaux et à des micronucléi intercinétiques (1-4) très variables de taille.

Chez les *Juno*, il est intéressant de remarquer la présence de multivalents à associations aussi élevées (pentavalents et hexavalents) chez des hybrides issus de plantes diploïdes appartenant à une série aneuploïde ($n = 11$, 12 et 13) proche du nombre basal des *Iris* ($n = 8$) et des *Juno* ($n = 9$). La présence de ponts chromatiques et de multivalents d'une si grande complexité semblent indiquer que des changements structuraux importants ont fortement contribué à la différenciation des chromosomes des espèces parentes. En tout cas, ces diverses irrégularités de la conjugaison chromosomique font que ces hybrides ont un pollen presque totalement avorté et qu'ils sont stériles.

L'asyndèse de l'*I. Willmottiana alba* est vraisemblablement due à la nature hybride de la plante, comme la considèrent certains auteurs ([3]).

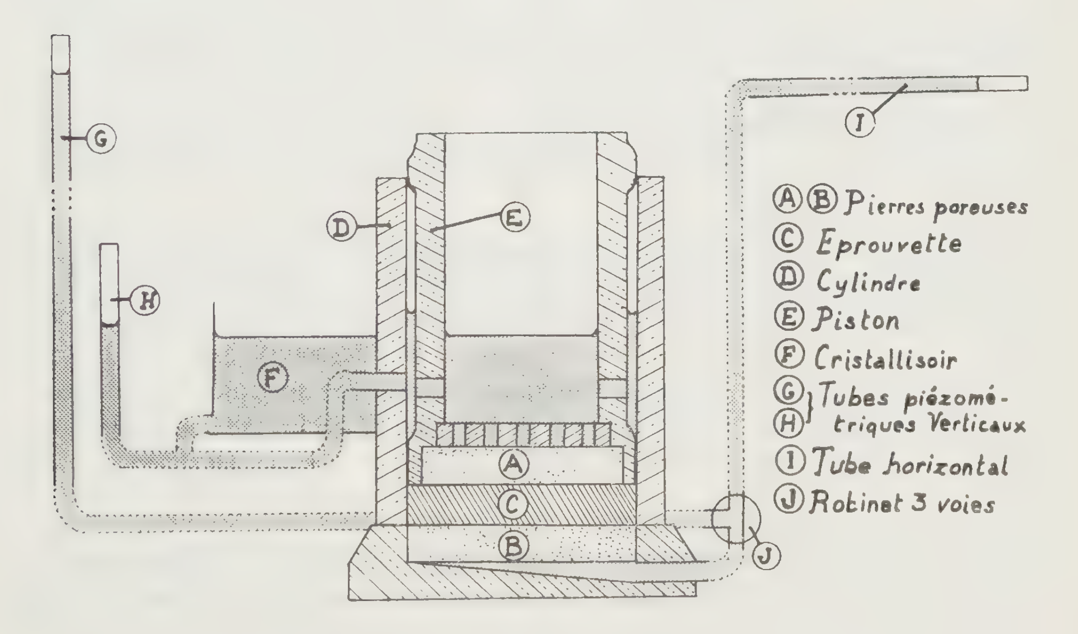
Nos observations chez l'*I. Sindperspur* font ressortir que l'*I. persica purpurea* est sans doute une variété tétraploïde, autotétraploïde ($n = 22$) par rapport à l'*I. persica* ($n = 11$), et c'est probablement un gamète aberrant qui a été fonctionnel lors de l'hybridation ($n = 23$).

([3]) *Iris Year Book*, 1944, p. 69, et 1949, p. 149.

PÉDOLOGIE. — *Transformation de l'œdomètre en vue de la mesure de la perméabilité.* Note de M. **Jacques Habib**, présentée par M. Albert Demolon.

L'œdomètre de K. V. Terzaghi, utilisé pour l'étude des déformations plastiques des sols compressibles, comporte un dispositif auxiliaire permettant la détermination du coefficient de perméabilité. L'appareil se compose essentiellement d'un cylindre à l'intérieur duquel peut glisser un piston qui comprime à volonté, par l'intermédiaire d'un levier, l'éprouvette à étudier, placée entre deux pierres poreuses. L'ensemble est traversé, du bas vers le haut, par un flux de liquide dont la mise en charge est assurée par un tube piézométrique vertical. L'écoulement hors de l'appareil, après la traversée de l'échantillon, s'effectue par deux petites ouvertures circulaires pratiquées dans le cylindre et le piston.

La relation qui lie le coefficient de perméabilité K, la section du tube piézométrique s, celle S du cylindre, la hauteur h de l'éprouvette, et le temps t mis par le ménisque pour descendre dans le tube de la cote X_0 à la cote X_1 au-dessus de la surface libre dans le piston, est : $K = s.h.\text{Log}\,(X_0/X_1)/S.t$.



Les inconvénients inhérents à cet appareil, outre le fait qu'il est impossible de l'employer à charge motrice constante, proviennent surtout de la mesure des hauteurs X_0 et X_1. En effet, au cours d'un essai, le liquide s'accumule dans le piston, et ceci bien après avoir dépassé l'orifice d'évacuation, retenu par sa tension superficielle dans cet orifice. Quand ce voile

cède, l'écoulement se produit, et le niveau tombe soudainement de 4 à 5 mm. Par la suite, le processus se présente comme un phénomène de relaxation. Les erreurs sur le calcul de la perméabilité, qui lui sont imputables peuvent atteindre 25 %.

Les modifications que nous avons apportées à cet appareil consistent d'abord en la transformation du tube vertical en un tube horizontal mobile plus adapté à l'étude de l'effet de la charge motrice sur la perméabilité. D'autre part, le piston est en communication par un tuyau de caoutchouc avec un cristallisoir de grand diamètre, où le niveau reste très sensiblement constant pendant la durée de l'expérience, ce qui assure la permanence de la charge. La mesure de celle-ci se fait au cathétomètre par comparaison du niveau des ménisques dans deux tubes verticaux, identiques à l'horizontal — pour éviter les effets de la capillarité — auquel l'un est relié avant l'essai, l'autre communiquant avec le vase régulateur.

Enfin, la lecture, durant l'expérience, du déplacement du ménisque dans le tube horizontal peut se faire de façon plus simple qu'au cathétomètre et avec une grande précision. Si on place assez loin du tube une source de lumière, on voit se détacher dans son ombre, sur un écran placé à une distance convenable, une image linéaire de cette source, limitée à l'aplomb du ménisque. On peut donc lire sur une échelle graduée le déplacement du ménisque de séparation liquide-air à l'intérieur du tube, avec une précision de 1/10e de millimètre.

A la suite de ces divers aménagements, l'appareil est capable de donner, dans la plupart des cas, la valeur de la perméabilité avec une erreur relative intrinsèque inférieure à 1 %.

Nous avons ainsi trouvé pour un échantillon de kaolin de Plœmeur (Morbihan), consolidé sous 3,55 kg/cm^2, présentant une porosité de 0,5318 : Température : $8°,1 \pm 0,1$; hauteur de l'éprouvette $h = 0,785$ cm $\pm$ 0,001. Charge motrice $H = 57,50$ cm + 0,01 ; déplacement du ménisque $L = 53,80$ cm $\pm$ 0,02 ; durée $t = 4079,2$ s $\pm$ 0,02 ; les sections S de l'éprouvette et s du tube sont des constantes de l'appareil, $s/S = 7,484 . 10^{-3} \pm 1 . 10^{-7}$. D'où l'on déduit : $K = L . h . s/S . t . H = 1,347 . 10^{-7}$ cm : s; $\Delta K/K < 2/1000$.

CHIMIE AGRICOLE. — *Composition chimique de l'eau de pluie à Saïgon.* Note de MM. **Claude Richard** et **André Vialard-Goudou**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les résultats de cette première étude de la composition chimique des eaux météoriques au Sud-Vietnam montrent l'importance de l'apport azoté minéral fourni par ces eaux à la culture. Calculé en 1952, pour une hauteur pluviométrique totale de 2,136 m, cet apport a été de 10,35 kg (en N) par hectare : azote ammoniacal (74 %), nitrique (23 %) et nitreux (3 %).

A Saïgon, le régime des pluies de Mousson partage l'année en deux grandes saisons : de mai à octobre, Mousson de Sud-Ouest et « Saison des pluies » de novembre à avril, Mousson de Nord-Est et « Saison sèche ».

La hauteur des précipitations annuelles y demeure toujours comprise, quelle que soit l'année, entre 2 m et 2,5 m. Les précipitations tombées pendant la saison sèche représentent moins du dixième des précipitations totales annuelles.

En 1952, la pluviométrie contrôlée au poste de l'Institut Pasteur de Saïgon s'établit ainsi : janvier, 0,3 mm; février, 0,2 mm; mars, 4,4 mm; avril, 31,8 mm; mai, 344,5 mm; juin, 506,2 mm; juillet, 229,8 mm; août, 276,6 mm; septembre, 204,4 mm; octobre, 374,5 mm; novembre, 105,5 mm; décembre, 58,6 mm.

Si bien qu'en dépit du typhon VAE du 20 octobre 1952 (159,3 mm en 24 heures) la hauteur totale des précipitations n'a atteint en 1952 que le chiffre relativement bas de 2,1368 m.

La composition physico-chimique des eaux météoriques pendant le cours de l'année, présente des variations, particulièrement en ce qui concerne des composés azotés.

Les concentrations en ions NO_3^-, NO_2^- et NH_4^+ diminuent pendant la saison des pluies, en raison directe des quantités d'eau tombée. En effet, les composés chimiques dissous se trouvent dilués, par suite de l'abondance des précipitations presque quotidiennes.

L'abaissement des teneurs respectives de ces ions résulte encore du fait que le lavage répété de l'atmosphère par des pluies successives contribue à priver plus ou moins l'eau météorique recueillie des éléments chimiques dissous.

Pour des raisons inverses, les pluies tombées en saison sèche sont particulièrement riches en composés azotés. La fréquence et la violence des orages expliquent la teneur élevée en ions nitriques de ces eaux.

Les 148 examens physico-chimiques correspondant à chacune des pluies de l'année 1952, ainsi que le relevé des hauteurs de chacune de ces précipitations nous ont permis de déterminer la composition moyenne annuelle de l'eau météorique en 1952.

pH = 6; Cl^- = 0,25; NH_4^+ = 0,436, soit N ammoniacal : 0,359; NO_2^- = 0,045 : soit N nitreux, 0,014 : NO_3^- = 0,496, soit N nitrique : 0,112; N total inorganique : 0,485, Oxygène = 4,8 ou 3,4 cm^3.

Ceci représente à Saïgon, par hectare et par an, 10,35 kg d'azote inorganique,

Les quantités d'ions nitriques couramment dosées dans les eaux météoriques tropicales atteignent bien souvent des chiffres dix fois supérieurs à ceux des eaux de pluie des régions tempérées.

Rappelons brièvement qu'au Tonkin, les bilans azotés calculés par Auffray [1] entre 1900 et 1910 dépassent généralement 16 kg d'azote inorganique par hectare et par an.

---

(1) *Bull. Économ. Indoch.*, 1909, n° 81, p. 595-616.

Rœlofsen ([2]) travaillant aux Indes Néerlandaises dans la région de la rivière Deli rapporte comme chiffre moyen : 30,4 kg.

A Ceylan, enfin, où les précipitations atmosphériques atteignent une hauteur de 2,71 m (année 1941); Koch ([3]) trouve 11,7 kg d'azote inorganique par hectare et par an, chiffre presque identique au nôtre (10,35 kg pour une pluviométrie annuelle de 2,136 m).

Cet apport azoté météorique constitue en fait un véritable engrais naturel, qui en dépit des pertes d'eau de pluie par ruissellement et par infiltration contribue dans une mesure appréciable au développement du plant de riz pendant la saison des pluies.

Dans le delta du Sud-Vietnam, le riz est semé en avril-mai, au début de la saison des pluies; il est repiqué en juillet, et récolté en octobre-novembre avant la saison sèche.

On comprend donc toute l'importance de ces composés azotés minéraux apportés avec abondance par les eaux de pluie tropicales.

Cet apport naturel permet de suppléer à l'absence d'engrais et à l'arrêt de la nitrification.

En plus de la valeur des eaux de pluie tropicales au point de vue agricole et surtout rizicole, l'eau météorique convenablement recueillie (A. Vialard-Goudou, 1940) ([4]) conviendra parfaitement à certains usages domestiques (cuisine, blanchissage, etc.) et industriels (alimentation de chaudière, travaux photographiques, etc.) toutes les fois que les ressources en eau seront nulles ou saumâtres comme c'est trop souvent le cas en région tropicale ou subtropicale.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le cerveau d'un fœtus de Rongeur* (Hydrochœrus capybara *Erxl.*, *Cabiai*). Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le développement cérébral des Rongeurs était, jusqu'ici, inconnu. L'étude d'un cerveau fœtal d'*Hydrochœrus* permettra d'interpréter les sillons palléaux des Rongeurs adultes.

Le cerveau des Rongeurs a toujours paru le plus « aberrant » des cerveaux d'Euthériens, quant à la position de ses sillons (G. Elliot Smith). C'est le développement, on le sait, qui, dans tous les groupes mammaliens, permet d'interpréter, avec certitude, les sillons palléaux de l'adulte. Or, jusqu'ici, on ignorait le développement cérébral des Rongeurs.

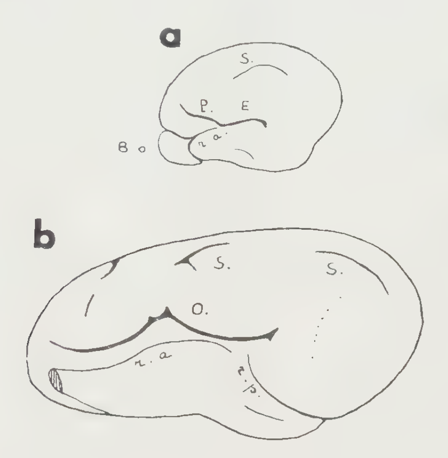
([2]) *Natuurw. Tijdschr. Nederl. Ind.*, **101**, 1941, p. 179.

([3]) *Trop. Agri.* (Ceylan), **97**, 1941, p. 74 et **99**, 1943, p. 18.

([4]) *Rev. Méd. franç. d'Extr. Orient*, **18**, 1940, p. 264.

L'*Hydrochœrus capybara* Erxl. (Cabiai), d'Amérique du Sud, qui fait l'objet de cette Note, est le plus grand des Rongeurs actuels. Son cerveau a surtout été étudié par F. E. Beddard [1], M. Holl [2] et G. Elliot Smith [3]. En 1945, j'en ai interprété la région operculisée [4]. En 1950, enfin, S. Carette [5] a repris de nouveau, cette question.

Lors d'un séjour à l'Université de Lund, j'ai étudié le cerveau d'un fœtus d'*Hydrochœrus capybara* mesurant 20 cm, de l'extrémité du museau à l'origine de la queue.



Face latérale gauche du télencéphale de deux *Hydrochœrus capybara* Erxl. — *a*, fœtus des collections de l'Institut Tornblad d'Embryologie comparée (Université de Lund); *b*, adulte des collections du Laboratoire d'Anatomie comparée (Muséum de Paris); B. o., bulbe olfactif; E. *Ectosylvia*; O., operculisation de l'adulte; P., *Præsylvia*; r. a., Scissure rhinale antérieure; r. p., Scissure rhinale postérieure; S. *Suprasylvia*. (Environ grandeur naturelle).

Au point de vue de sa forme générale, le télencéphale de ce fœtus (longueur, 23 mm; hauteur, 15 mm), par rapport à celui de l'adulte, est surtout moins allongé, comme il est de règle chez les Mammifères (l'Éléphant mis à part).

Le Rhinencéphale est très développé dans toutes ses parties. Sur la face externe des hémisphères, la Scissure rhinale antérieure, déjà indiquée, dirigée d'avant en arrière et de bas en haut, sépare le Rhinencéphale du *Neopallium*. Il n'y a pas trace de la Scissure rhinale postérieure, si marquée chez l'adulte.

Les sillons du *Neopallium* sont, sur la face externe des hémisphères :

I. Au-dessus du Rhinencéphale, un sillon profond, de direction générale

---

(1) *Proc. Zool. Soc. London*, 1899, p. 798.

(2) *Arch. f. Anat. und Phys.* (Anat. Abth.), 1900, p. 295.

(3) *Royal College of Surgeons of England*, 1902, p. 200.

(4) *Bull. Soc. zool. France*, 70, 1945, p. 17.

(5) *Mammalia*, 1950, p. 20.

antéro-postérieure, formant, en son milieu, un angle largement ouvert vers le haut : il s'agit de l'ébauche de l'*Operculisation* de l'adulte qui, ici, correspond à :

1. Un sillon antérieur, oblique d'avant en arrière et de haut en bas, qui s'affirme être la *Præsylvia*, par sa direction et ses rapports avec la Scissure rhinale.

2. Un sillon postérieur presque horizontal, formant, avec la *Præsylvia*, un angle très obtus : par sa position, juste au-dessus du Rhinencéphale, il ne peut représenter que l'*Ectosylvia*.

II. Au-dessus de l'Operculisation, un sillon arqué, à concavité inférieure, est, avec évidence, la *Suprasylvia*.

III. Au-dessus de la *Suprasylvia*, sur la face supérieure des hémisphères, un sillon, également arqué dans son ensemble, formé de trois dépressions distinctes, est, sans aucun doute possible, le *Corono-Latéral*.

Sur la face interne des hémisphères :

IV. Le *Splénial*, bien marqué, entoure le corps calleux en haut et en arrière. Il comporte : un sillon antérieur, l'Intercalaire, bien séparé d'un sillon postérieur, la Calcarine.

A ce stade, le cerveau de l'*Hydrochœrus*, qui possède l'indication de tous les sillons fondamentaux, n'est pas « aberrant » du tout ; il est même un cerveau mammalien typique.

La position particulière de l'*Ectosylvia*, dans le prolongement de la *Praesylvia*, caractérise aussi le cerveau des *Hippopotamidæ* (6) et celui des *Tragulidæ* (7). Chez ces Ongulés artiodactyles, comme chez l'*Hydrochœrus* adulte (8), *Ectosylvia* et *Præsylvia* forment la limite supérieure de l'*Insula*.

Cette étude permettra d'interpréter le cerveau de l'*Hydrochœrus* et, dans une certaine mesure, celui des autres Rongeurs.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution chronaximétrique à l'étude de la somatotrophine hypophysaire*. Note de M. **Paul Chauchard**, Mme **Henriette Mazoué** et M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

L'étude des propriétés nerveuses des extraits hypophysaires, par la méthode chronaximétrique, nous a permis de constater que les extraits posthypophysaires ont une action générale excitante tant sur le système nerveux que sur les divers muscles viscéraux, alors que les extraits antéhypophysaires ont une action générale dépressive. En outre, la recherche,

(6) M. Friant, *Archives du Muséum*, **16**, 1940, p. 35.
(7) M. Friant, *Mémoires du Muséum*, **10**, 1939, p. 161.
(8) M. Friant, *Loc. cit.*, 1945, p. 17.

par la même méthode, des antagonismes et des synergies de ces extraits, tant sur les sels acidogènes et alcalogènes, que sur diverses vitamines et diverses hormones, nous ont montré que les extraits posthypophysaires se révèlent acidosiques et les extraits antéhypophysaires, alcalosiques. La mise en évidence de l'action pharmacodynamique générale de ces hormones, et notamment de leur efficacité sur les centres régulateurs de la base du cerveau, est particulièrement intéressante en raison de l'importance, de plus en plus étendue, que l'on attribue à ces hormones dans le fonctionnement organique normal ou pathologique.

Des investigations complémentaires nous ont permis d'observer que certaines des hormones isolées de l'hypophyse ont le même comportement pharmacodynamique chronaxique que l'extrait global du lobe dont elles proviennent. C'est ainsi que la thyréostimuline, l'ACTH et la gonadotrophine sérique apparaissent dépressives comme l'extrait global du lobe antérieur. Ces faits contribuent à expliquer l'antagonisme entre l'ACTH (alcalosique) et la désoxycorticostérone (acidosique), antagonisme que l'on ne retrouve pas avec la cortisone, dont les effets nerveux, appréciés par chronaximétrie, en font une substance de type alcalosique.

Disposant actuellement d'une autre hormone de l'hypophyse antérieure, la somatotrophine (STH), nous en avons abordé l'étude chronaximétrique sur le Rat blanc et en rapportons ci-dessous quelques résultats, les comparant avec ceux qui sont obtenus, dans les mêmes conditions, en utilisant l'ACTH.

I. — *Modification des chronaxies nerveuses après injection de* STH *et* ACTH.

	STH. Chronaxies nerveuses		ACTH. Chronaxies nerveuses	
	Extension.	Flexion.	Extension.	Flexion.
Avant l'injection	25	45	25	45
5 mn après	12	14	80	90
10 »	12	14	90	110
15 »	12	14	120	140
30 »	17	18	25	47
3e jour	14	15	50	70
5e jour	12	14	70	90

II. — *Modification des chronaxies viscérales.*

	STH. Chronaxie		ACTH. Chronaxie	
	de base.	mesurée.	de base.	mesurée.
Intestin	130	20	120	300
Vaisseaux	120	20	150	300
Utérus	100	40	110	400
Cœur	300	100	200	300

Cette hormone (STH) fut employée à raison de 5 unités Evans, soit en injections intrapéritonéales (dans le cas des chronaxies nerveuses et cardiaques), soit en applications viscérales au moyen d'un léger tampon de coton hydrophile (dans le cas des chronaxies intestinales, vasculaires ou utérines). Parallèlement, les doses d'ACTH mises en œuvre furent de 2,5 mg. Les chronaxies nerveuses, mesurées sur les nerfs extenseurs et fléchisseurs des orteils, sont exprimées, ainsi que les chronaxies viscérales, en capacités chronaxiques ou millimicrofarads.

Comme on peut s'en rendre compte, la somatotrophine diminue, de façon aiguë et chronique (une injection quotidienne), les chronaxies nerveuses de relation par action centrale (de même que l'extrait posthypophysaire total), ce qui oppose ces résultats à ceux obtenus avec l'ACTH.

La somatotrophine agit donc de façon excitante, opposée à l'action dépressive de l'ACTH.

Par la technique des injections décalées, étudiant antagonismes et synergies, nous avons pu constater que son action nerveuse est inhibée par les injections alcalosiques, alors qu'elle subsiste après les injections acidosiques. Elle se range donc parmi les hormones acidosiques, à l'inverse de l'ACTH (alcalosique). Ainsi s'expliquent les antagonismes hormonaux et vitaminiques obtenus avec la STH, qui sont inverses de ceux de l'ACTH et analogues à ceux des extraits du lobe postérieur de l'hypophyse. La somatotrophine neutralise en particulier les effets nerveux de l'ACTH, de la gonadotrophine sérique et de la cortisone, mais laisse subsister ceux de la thyroxine et de la désoxycorticostérone. Également, elle se montre antagoniste du complexe vitaminique B (total-B) et synergique de l'acide ascorbique.

Cependant, elle n'est pas gênée dans son action par les extraits hypophysaires globaux, mais neutralisée par les extraits posthypophysaires. La nature complexe de ces produits justifie ces effets en accord avec la physiologie.

Conclusions. — Cette étude chronaximétrique préliminaire de la somatotrophine se montre en rapport avec l'emploi, de plus en plus généralisé, de la somatotrophine en thérapeutique, que l'on considère de façon habituelle en opposition avec le système ACTH-cortisone [1]. Quoique d'origine antéhypophysaire, la somatotrophine jouit de propriétés pharmacodynamiques spéciales, caractérisées par des antagonismes hormonaux et vitaminiques opposés à ceux de l'ACTH. Excitante au lieu d'être dépressive, acidosique au lieu d'être alcalosique, elle inhibe les effets de la cortisone, mais pas ceux de la désoxycorticostérone.

---

(1) ALBEAUX-FERNET, *Presse méd.*, 60, 1952, p. 1621; H. LABORIT et Coll., *Presse méd.*, 61, 1953, p. 1085, 1249 et 1621.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Analyse générale de la structure acoustique des sons du langage par superposition de composantes périodiques et de composantes aléatoires.* Note de MM. **Raoul Husson** et **Rémi Saumont**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les sons du langage se laissent analyser en composantes périodiques, caractérisables par un spectre de fréquences, et en composantes aléatoires, caractérisables par un taux d'auto-corrélation. Leurs origines physiologiques sont différentes, ainsi que leurs pouvoirs discriminatifs pour l'oreille réceptrice. Une classification nouvelle des phonèmes s'ensuit.

1. La phonétique expérimentale a jusqu'à présent étudié la structure acoustique des sons du langage sous l'angle exclusif de leur composition spectrale éventuelle, postulant leur périodicité. Reprise avec un oscillographe cathodique à balayage rapide déclenché par le début du phonème, cette étude a montré que tous les sons produits dans l'organe vocal humain avaient une structure acoustique complexe, évoluant entre deux types extrêmes :

a. Un type *périodique* pur (voyelle chantée par exemple), susceptible d'être représenté par un spectre d'harmoniques révélé par une analyse de Fourier, type dont l'étude est de nos jours pratiquement achevée.

b. Un type *aléatoire* pur (consonne continue sourde par exemple), dont l'étude ne relève que d'une analyse statistique, et dont l'organisation interne (ou degré de pseudo-périodicité) peut être définie par une intégrale d'auto-corrélation étendue à la durée totale (ou partielle) T du phonème :

$$\varphi(\mathrm{J}) = \frac{1}{\mathrm{T}}\int_0^{\mathrm{T}} \mathrm{F}(t)\,\mathrm{F}(t+\mathrm{J})\,dt.$$

W. Meyer-Eppler [1], de Bonn, a déjà procédé, de ce point de vue, à une remarquable étude des consonnes continues sourdes et sonores.

En fait, l'intégrale ci-dessus peut servir également dans le premier cas, notamment par l'emploi des intégrales connues de Wiener et Khintchine, mais son application à l'étude des types périodiques purs est sans intérêt pratique.

2. Tous les sons produits par l'organe vocal humain résultent de la superposition d'une ou plusieurs composantes périodiques et d'une ou plusieurs composantes aléatoires.

Les composantes périodiques proviennent : 1° de la vibration des cordes vocales; 2° de l'excitation *in tempo* des cavités susglottiques par le débit aérien. Nous les représenterons respectivement par $\mathrm{C}(t)$ et $c_i(t)$.

---

(1) *Zeitschrift für Phonétik u. allgem. Sprachwissenschaft*, 7 Jahrgang, Heft 1/2, 1953, S. 89-104.

Les composantes aléatoires proviennent : 1° de fluctuations rapides dans la vibration des cordes vocales lorsque le niveau de commande neurologique est sous-cortical comme dans la parole habituelle ([2]); 2° des sons d'écoulement produits par le débit aérien lors du franchissement d'obstacles ou de rétrécissements du conduit pharyngo-bucco-nasal. Nous les représenterons respectivement par $S(t)$ et $s_i(t)$.

3. Une classification de tous les sons produits par l'organe vocal humain peut être basée sur l'importance énergétique relative de ces deux types de composantes. Cette classification tire notamment son intérêt du fait que les composantes périodiques présentent, pour l'oreille réceptrice, un pouvoir de discrimination auditive considérablement plus élevé que les composantes aléatoires.

Ce pouvoir de discrimination tend vers zéro avec l'intégrale d'autocorrélation, et le module de cette dernière peut être utilisé pour en apprécier l'importance. Cette capacité discriminative influe au premier chef sur l'*intelligibilité* des phonèmes isolés, des mots, des phrases, et en général d'un type de langue donné (plus ou moins vocalique ou consonnantique).

Cette classification, par valeur croissante de l'importance énergétique relative des composantes aléatoires, est la suivante : 1° Voyelle chantée non nasalisée [type $C(t)$ pur]. 2° Voyelle chantée nasalisée. 3° Voyelle parlée non nasalisée [type $C(t)+S(t)$ presque pur]. 4° Voyelle parlée nasalisée. 5° Voyelle chuchotée, nasalisée ou non [type $\Sigma c_i(t)+\Sigma s_i(t)$]. 6° Consonne ou bruit explosif sonore, nasalisé ou non. 7° Consonne ou bruit explosif sourd, expiratoire ou inspiratoire. 8° Consonne ou bruit continu sonore, nasalisé ou non. 9° Consonne ou bruit continu sourd, expiratoire ou inspiratoire.

La nasalisation d'un son fait apparaître des composantes des types $c_i(t)$ et $s_i(t)$. En voix parlée apparaissent de faibles composantes des types $c_i(t)$ et $s_i(t)$, déjà signalées par B. Hala ([3]) en 1941. En voix chuchotée, les composantes périodiques et aléatoires sont d'importances relatives à peu près égales. Toutes les consonnes sont du type $\Sigma s_i(t)$ à peu près pur; celles dites sonores présentent de faibles composantes des trois autres types; les explosives, qui sont énergétiquement les plus faibles, ne font qu'ajouter de petites et brèves composantes $c_i(t)$ et $s_i(t)$ aux phonèmes encadrants.

([2]) R. Husson, *Thèse Fac. Sc.*, Paris, 1950, p. 64; *Annales d'Oto-Laryngologie*, **69**, 1952, p. 130.

([3]) *Académie Tchèque des Sciences et des Arts*, IIIe Section, n° 78, 1941; (résumé en français par K. Orlik, 1946, p. 5).

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Recherches sur le comportement de divers Acridoidea mâles soumis à des stimuli acoustiques artificiels.* Note (*) de MM. **René-Guy Busnel** et **Werner Loher**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les mâles de *Chorthippus jucundus*, *bicolor* et *biguttulus* réagissent à des stimuli acoustiques artificiels divers tels que les sons d'un sifflet de Galton, de certains appeaux d'oiseaux, de bruits de bouche, bien que ces stimuli artificiels aient des structures apparemment différentes des émissions normales des insectes. Ces réactions peuvent se manifester par une *phonotaxie* pour *Ch. biguttulus* ou provoquer l'émission d'une réponse acoustique supra-normale des Insectes pour *Ch. jucundus* ou *bicolor*.

Les ♂ de *Chorthippus jucundus* Fisch., et de *Ch. bicolor* Charp., en liberté dans la nature, lorsqu'ils reçoivent les stimuli-signaux acoustiques émis par d'autres ♂ de leur espèce, réagissent par l'émission d'un son (1), (2); pour *Ch. jucundus*, cette réaction est peu constante et irrégulière. Le ♂ de *Ch. biguttulus* L., lors de la réception d'une stridulation de ♀, s'oriente par rapport à la source, puis se déplace dans sa direction, après avoir émis à son tour une stridulation d'appel; par une série de déplacements et de chants, il finit par atteindre la ♀ (3).

Des réactions qui sont presque du même ordre ont été obtenues sur ces trois espèces avec des stimuli acoustiques artificiels.

Les stimuli utilisés étaient des sons produits soit par un sifflet de Galton, émettant entre 5 et 16000 Hz, soit par des appeaux d'oiseaux, type geai, merle, canard, soit par des bruits formés par la bouche de l'expérimentateur; ces bruits, pour la plupart ont du reste été expérimentés à nouveau après enregistrement sur bande magnétique à 77 cm/sec par l'intermédiaire d'un microphone de haute fidélité et diffusés par un émetteur thermoionique (4).

L'analyse physique des sons émis naturellement par les insectes ♂ ou ♀ et celle des sons artificiels a été faite par oscillographie, par spectre de fréquence (5), et mesure d'intensité.

L'étude des spectres, des intensités et des oscillogrammes révèle certaines différences importantes dans les divers sons émis, dont on peut donner un exemple en comparant un bruit de bouche avec l'émission naturelle : pour *Ch. biguttulus* on a les valeurs suivantes :

	Durée de l'émission (s).	Intensité.	Fréquence d'amplitude max. (Hz).
Chant du ♂.......	3,35	55 db à 50 cm	5 et 7 000
Chant de la ♀.....	1,24	non mesurable	5 000
Son artificiel......	0,74	70 db à 50 cm	500-1 200-3 500/4 000

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) A. Faber, *Z. Wiss. Zool.*, 149, 1936, p. 1-85.

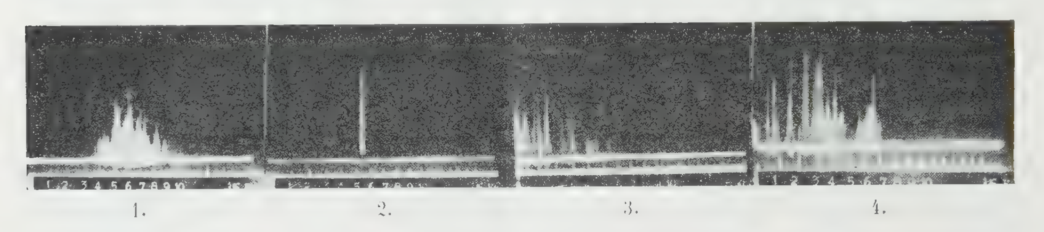
(2) W. Jacobs, *Z. f. Tierspsychol.*, 7, 1950, p. 169-216.

(3) A. S. Weih, *Z. f. Tierspychol.*, 8, 1951, p. 1-41.

(4) S. Klein, *Bull. Soc. Radioélectr.*, 32, 1952, p. 314-320.

(5) L. Pimonov, *Ann. Télécom.*, 4, 1949, p. 257-272.

Ces différences sont encore plus accentuées par exemple dans le cas des sons du sifflet de Galton avec lequel on peut obtenir des fréquences variables pouvant dépasser de 5 à 6 000 Hz les valeurs observées dans le spectre de chants normaux de ces Insectes (cliché I); enfin les oscillogrammes sont apparemment assez différents et il sera probablement nécessaire d'analyser ultérieurement les éventuelles parentés de rythmes.



1, spectres de fréquence du chant indifférent de *Ch. bicolor* et de stimuli acoustiques réactogènes; 2, sifflet de Galton; 3, bruit de bouche; 4, appeau pour Canard.

Pour *Ch. biguttulus*, le seul son artificiel réactogène que nous ayons trouvé actuellement est un bruit de bouche qui s'est révélé efficace jusqu'à 6 et 7 m et qui est susceptible d'attirer jusqu'à la source 1 ou plusieurs ♂ à la fois. On a pu constater que le ♂ attiré peut aller jusqu'à grimper sur l'expérimentateur et par déplacements et stridulations successifs, remonter le long du bras jusqu'à la bouche. Placé entre deux expérimentateurs qui émettent successivement, un ♂ va de l'un à l'autre, selon l'origine de l'émission. Le rythme de l'émission de l'expérimentateur est important et doit se manifester 1 à 2 s après la fin de chaque émission du ♂; après 3 ou 4 s, il y a perte d'efficacité. On a ainsi obtenu, avec ce signal artificiel une « phonotaxie » analogue au comportement normal. L'étude quantitative de cette réaction nous a permis d'obtenir 950 réponses pour 1 000 émissions (95 %).

Pour *Ch. jucundus* et *bicolor*, les stimuli-réactogènes étaient plus nombreux et comprenaient, outre des bruits de bouche, les sons du sifflet de Galton et des appeaux d'oiseleur. Il a été constaté que la réaction d'émission acoustique par l'Insecte au stimulus est généralement plus rapide que la réaction à l'émission d'un autre Insecte, ce temps de réponse pouvant être abaissé à 1/5e et 1/10e de seconde.

C'est le sifflet de Galton qui provoque les réactions acoustiques les plus saisissantes : aux fréquences d'amplitude maximum de 10 et 12 000 Hz pour *Ch. jucundus*, où, sur 147 et 330 émissions artificielles, on a obtenu 95 et 206 réponses sur 5 et 8 Insectes, soit 64 et 62 %; pour *Ch. bicolor*, dans les mêmes bandes, on a obtenu sur 123 et 64 émissions artificielles, 82 et 45 réponses sur 3 et 1 Insectes, soit 67 et 70 %. Toutes ces expériences ont été faites sur des individus isolés, dans des temps n'excédant pas 5 minutes. Pour la dernière espèce, l'appeau à merle, sur un même Insecte, a permis

d'obtenir 59 réponses à 70 émissions, soit 80 %. Tous ces signaux ont été reconnus encore effectifs à une distance de 4 mètres.

En conclusion, différents stimuli réactogènes acoustiques artificiels, bien que physiquement éloignés des stridulations naturelles de divers Acridoidea, se sont révélés susceptibles de provoquer des réactions des ♂. Les réactions obtenues sont soit d'un type normal, soit d'un type supra-normal, caractérisé par les pourcentages de réponses obtenus ou par des réactions mécaniques nouvelles.

CYTOLOGIE. — *Les cellules nerveuses de l'Éponge* Pachymatisma johnstonni *Bow.* Note (*) de Mlle **Odette Tuzet** et M. **Max Pavans de Ceccatty**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une série de Notes précédentes [1], nous avons successivement décrit les cellules nerveuses de trois Éponges Calcaires, et d'une Siliceuse. Poursuivant cette étude, nous avons pu observer les neurones d'une nouvelle Éponge Siliceuse Tétractinellide : *Pachymatisma johnstonni* (Bowerbank).

On doit constater, tout d'abord, que cette Éponge présente une grande différenciation de ses éléments cellulaires dont la spécialisation se traduit par deux aspects fondamentaux; d'une part, la diversité morphologique; d'autre part la localisation de plus en plus précise des éléments du même ordre. Les cellules nerveuses ne sont pas sans subir cette évolution.

Les neurones que nous avons déjà appelés de « type classique » se retrouvent chez *Pachymatisma*. Les imprégnations argentiques permettent de voir de grandes cellules, polarisées, à noyau dense situé dans un cytoplasme hyalin, où de fines granulations, condensées en plages, donnent des images hétérogènes. Le corps cellulaire, triangulaire ou étoilé, est prolongé par des filaments nets et réguliers. D'un côté, ces filaments sont nombreux, fins, et représentent le pôle dendritique. Du côté opposé, on peut observer un prolongement unique, plus épais, aboutissant à la zone d'innervation. Cette zone est celle du système canalifère et cette catégorie de cellules nerveuses (*fig.* 1 et 2) se place en bordure des canaux, sphincters et lacunes, où elle semble étroitement solidaire de l'appareil musculaire. (La figure 1, en particulier, montre ces neurones en rapport avec les fibres musculaires d'un sphincter vu en coupe.)

En outre, après fixation à l'osmium-iodure de Champy et Coujard, il apparaît en certains endroits où le mésenchyme est très dense, des cellules nerveuses du « type araignée », déjà décrites chez l'Éponge Calcaire

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1394; **235**, 1952, p. 1541; **236**, 1953, p. 130; **236**, 1953, p. 2342.

Leucandra johnstonni. Ces éléments ont aussi un noyau à chromatine condensée, et leur cytoplasme est nettement réticulé par un entrecroisement de fibrilles internes et de dépôts irréguliers de granules. Les neurones de cette catégorie peuvent être isolés dans des lacunes dont ils rejoignent la paroi par des filaments ténus, et possèdent un gros prolongement axonal qui, sortant de la lacune, va se terminer sur des formations voisines (sur la figure 3, on remarquera ainsi l'innervation d'une cellule musculaire).



Présentant les mêmes caractères cytologiques, d'autres éléments de ce type sont fixés en pleine substance fondamentale du mésenchyme. Ils envoient leur prolongement cylindraxique vers une zone de corbeilles (*fig.* 4). Mais, à l'autre pôle, les filaments dendritiques vont rejoindre des cellules semblables au neurone; sauf que la polarisation a disparu, et tous les prolongements anastomosés en réseau, ne paraissant plus fibrillaires mais protoplasmiques. Or, comme il existe déjà dans l'éponge des collencytes anastomosés entre eux, et dont les caractéristiques sont différentes (décrits dans la figure 3 de notre Communication sur les lophocytes de *Pachymatisma*), nous ne pouvons diagnostiquer ces éléments réunis en réseau. S'agit-il d'une deuxième trame conjonctive qui, paradoxalement, serait en liaison directe avec des neurones ? Ou bien s'agit-il d'un ectosome déplacé ?

Toujours est-il, qu'en plus des neurones de « type classique » jouant un rôle direct dans l'innervation de tout l'appareil canalifère, il existe chez

Pachymatisma johnstonni, des cellules nerveuses vésiculeuses du « type araignée ». Cette dernière catégorie de neurones est souvent en rapport avec un réseau cellulaire dont la nature reste indéterminée.

EMBRYOLOGIE. — *Les premières phases du développement de l'œuf de* Salmo irideus *en anaérobiose*. Note de MM. **Charles Devillers** et **Jean Rosenberg**, présentée par M. Louis Fage.

L'élevage de l'œuf en anaérobiose le prive d'énergie d'origine respiratoire et permet d'apprécier, au moins qualitativement, l'importance de cet apport d'énergie pour la réalisation de la morphogenèse normale. Dans cette étude préliminaire nous limitons nos observations à la seule morphologie externe, segmentation et mouvements morphogénétiques, sans tenir compte des répercussions éventuelles sur la structure interne du germe ou de l'embryon.

1° Sur la ponte d'une seule femelle nous prélevons tous les jours plusieurs lots d'œufs qui sont placés en flacons fermés remplis d'eau bouillie; le développement est suivi de jour en jour;

2° toutes les 24 h un lot d'œufs de chacun des jours précédents est remis en eau courante ce qui nous permet d'étudier la répercussion de séjours de durée croissante en anaérobiose sur le déroulement ultérieur de la morphogenèse. Les expériences débutent à la fécondation et sont arrêtées à la fermeture du blastopore.

Pour les témoins, à la température de 8-9°, la gastrulation commence au bout de 5 jours; elle est terminée 12 jours après la fécondation.

Une nette différence de sensibilité à la diminution d'oxygène sépare les stades prégastruléens des stades de la gastrulation. Des œufs mis en eau bouillie juste après la fécondation accomplissent leur différenciation bipolaire et se segmentent à vitesse normale pendant les premières 48 h; puis le développement se freine progressivement : à 96 h les œufs en expérience ont 24 h de retard sur les témoins; à 144 h le retard est de 48 h et le septième jour les œufs meurent ayant atteint le début du stade gastrula alors que les témoins sont de jeunes neurula au 1/4 de l'épibolie.

Si les œufs sont placés en anaérobiose à des stades de plus en plus avancés de la segmentation nous obtenons toujours le même résultat : le développement se bloque en début de gastrulation lorsque les mouvements morphogénétiques vont démarrer.

La mise en route de ces mouvements marque donc l'avènement d'une période à grande consommation de O_2 et l'œuf devient beaucoup plus sensible aux conditions expérimentales. L'observation du mouvement

épibolique montrera que cette sensibilité s'accroît de façon continue jusqu'à la fermeture du blastopore.

La gastrula moyenne (à large blastocèle), privée d'oxygène, évolue normalement pendant les premières 24 h; comme les témoins elle devient une jeune neurula puis elle bloque son développement; la survie totale est de 5 jours. Des œufs mis en expérience aux stades d'épibolie 1/2 ou 3/4 ne poursuivent leur étalement que pendant une douzaine d'heures. Aux dernières étapes de la fermeture du blastopore la sensibilité devient maxima : un œuf dont le blastopore est à mi-chemin entre 3/4 et la fermeture (blastopore moyen) n'a guère progressé au bout de 48 h alors que pour les témoins l'occlusion complète est achevée après 12 h. On peut évaluer qu'au stade blastopore moyen l'épibolie cesse en moins de 4 h; le temps de survie s'abaisse à 72 h.

L'invagination gastruléenne est aussi arrêtée en anaérobiose. Au seul examen externe on ne peut préciser si sa sensibilité évolue parallèlement à celle de l'épibolie. Par contre elle subit beaucoup moins que l'épibolie le contre-coup d'un séjour prolongé en eau bouillie.

Des jeunes gastrula demeurent 1-2 jours dans les flacons puis sont reportées en eau courante; elles reprennent tout de suite leur développement et évoluent en un germe harmonieux, c'est-à-dire où les proportions relatives du disque embryonnaire et de l'embryon sont conformes à la normale.

Si l'anaérobiose est maintenue pendant 4 jours les œufs restent bloqués pendant 48-72 h après report en eau courante. Passé ce temps de « repos » certains œufs reprennent leur développement normal; sur d'autres, au contraire, l'épibolie est définitivement arrêtée tandis que l'invagination peut repartir; l'embryon s'organise et finalement s'étend sur toute la longueur du disque; les proportions relatives disque/embryon sont donc ici anormales. De tels germes ne paraissent pas être viables.

En résumé, les besoins en oxygène de l'œuf de *Salmo*, faibles pendant toute la période de segmentation, augmentent brusquement avec l'avènement de la gastrulation. Pour des œufs élevés dans une eau très appauvrie en oxygène le passage de la première étape du développement à la seconde est impossible.

Nos expériences ne prouvent pas que la segmentation peut s'effectuer en l'absence d'oxygène; elles montrent seulement que l'utilisation d'énergie, d'origine respiratoire, est très réduite pendant toute cette période. En effet nous ne sommes pas certains qu'il ne subsiste pas d'oxygène dans l'eau puisque nous n'avons pas, jusqu'à maintenant, mesuré le degré d'anaéorobiose réalisé; d'autre part l'œuf apporte dans son liquide périvitellin de l'oxygène dissous, en quantité très faible, mais peut-être suffisante pour permettre la segmentation.

EMBRYOLOGIE. — *Les modifications de la structure histologique des couches cellulaires enveloppant les canaux de Müller des fœtus mâles de Souris, au cours de la différenciation sexuelle des gonoductes.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Étude histologique des modifications de structure des assises cellulaires enveloppant le canal de Müller des fœtus mâles de Souris; rôle possible de ces assises, dans la régression de ce gonoducte.

Un certain nombre d'études ont été consacrées à la régression de l'épithélium des canaux de Müller des fœtus de sexe mâle, mais peu d'observations ont été faites sur les transformations des enveloppes mésenchymateuses de ces canaux, au cours de la vie fœtale; c'est l'étude de ces dernières modifications, chez l'embryon de Souris, qui fait l'objet de cette Note; mon matériel se compose d'une trentaine de fœtus de Souris des deux sexes, âgés de 13 à 17 jours, appartenant aux lignées XXX et XVII; les embryons ont été coupés en série et étudiés microscopiquement; voici, brièvement résumé, l'essentiel de mes observations basées sur l'étude des sections histologiques :

Première observation. — Au cours du jour 13 de la vie fœtale (embryons pesant de 100 à 150 mg) on note déjà quelques transformations dans les enveloppes de la portion crâniale (*ostium tubæ*) des canaux de Müller des fœtus de sexe mâle : noyaux hypertrophiés, dans un stroma plus fluide; quelques pycnoses présentes dans le stroma et dans l'épithélium Müllérien.

Deuxième observation. — C'est au cours du jour 14 de la vie fœtale que se produisent les modifications les plus importantes des enveloppes des canaux de Müller des fœtus de sexe mâle :

a. Au début du jour 14 (embryons pesant de 150 à 200 mg), trois modifications de la structure des enveloppes, sont décelables :

— le mésothélium bordant la partie distale du cordon uro-génital est mince, formé de cellules basses; il semble avoir proliféré et mêlé ses éléments aux cellules mésenchymateuses entourant le canal de Müller;

— au-dessous du mésothélium s'étagent plusieurs assises de cellules qui enveloppent le canal épithélial Müllérien : leurs noyaux sont turgescents ovoïdes ou très souvent sphériques et ont un suc nucléaire clair; ils sont très différents des petits noyaux plus colorés, ovoïdes ou très allongés, qui entourent le canal de Wolff;

— des pycnoses, souvent nombreuses, s'observent dans le tissu sous-jacent à l'épithélium Müllérien de l'*ostium tubæ* et dans l'épithélium lui-même de cette région du canal et dans une portion légèrement inférieure.

b. Pendant la deuxième moitié du jour 14 (fœtus pesant de 200 à 300 mg) les transformations sont plus nettes encore : autour du canal de Müller des

fœtus mâles, les assises sous-jacentes ont constitué un manchon cellulaire dense formé de quatre à cinq couches superposées, de cellules serrées, à noyau sphérique ou ovoïde, plus volumineux que les noyaux entourant le canal de Wolff et à suc nucléaire plus clair; à ce stade, on dénombre des pycnoses nombreuses dans ces assises enveloppant le canal de Müller et dans les cellules épithéliales du canal lui-même, qui est en régression. Cette différenciation cellulaire est particulièrement nette dans la moitié supérieure des canaux de Müller et va en s'amenuisant progressivement en direction caudale; elle est absente au niveau du cordon génital, elle ne se produit pas autour des canaux de Müller des fœtus femelles de la même portée; et nous n'avons observé aucune condensation cellulaire semblable dans les assises sous-jacentes au canal de Wolff des fœtus des deux sexes.

Troisième observation. — Dans un troisième stade, au cours du jour 15 de la vie fœtale (fœtus pesant de 300 à 450 mg) la condensation cellulaire autour du canal de Müller des fœtus mâles, est encore nette, mais dans la partie supérieure des canaux on trouve de très nombreuses pycnoses parmi les cellules de ces assises enveloppantes, ainsi que parmi les cellules du canal de Müller qui régresse fortement dans les deux tiers supérieurs de son trajet; aucune dégénérescence semblable n'a lieu parmi les cellules mésenchymateuses dans lesquelles se trouve le canal de Müller des fœtus femelles des mêmes portées; chez les fœtus mâles, la condensation cellulaire autour du canal de Müller diminue progressivement d'épaisseur en direction caudale; elle est visible jusqu'au voisinage de la partie supérieure du cordon génital; la partie terminale (caudale) des canaux de Müller a un épithélium encore élevé.

Dans les stades ultérieurs (16-17 jours), les canaux de Müller des fœtus mâles ont dégénéré sur une grande partie de leur trajet (supérieur et médian) ainsi que les cellules qui formaient une enveloppe autour d'eux; mais la condensation cellulaire est encore visible plus caudalement.

Discussion. — Des modifications, dans les enveloppes des canaux de Müller des fœtus mâles de Souris, se produisent donc au cours de la régression de ces canaux; ces transformations correspondent, dans leurs grandes lignes, à celles déjà observées par Brambell [1] qui les a considérées comme de simples phénomènes de dégénérescence du mésenchyme.

Les observations nouvelles que j'apporte ici sur la succession de ces transformations et sur les modifications de la structure nucléaire des cellules enveloppant le canal de Müller, permettent toutefois d'envisager une autre interprétation de ces modifications. La turgescence, les modifications du suc nucléaire, des noyaux de ces cellules, la disposition en assises concentriques autour du canal de Müller, tout cela peut traduire une activité particulière de

---

[1] *Proc. Roy. Soc.*, 102 B, 1927, p. 206.

ces cellules enveloppantes; or, à ces stades, apparaissent de nombreuses pycnoses dans l'épithélium Müllérien; il est possible que ces deux phénomènes, qui sont vraisemblablement déterminés par l'action du testicule fœtal, soient indépendants; mais il est aussi possible qu'un lien existe entre eux et que le premier régisse le second; dans ce cas, on pourrait admettre, à titre d'hypothèse de travail, que sous l'effet de l'action hormonale du testicule fœtal, les cellules enveloppant le canal de Müller, soient stimulées et contribuent par leur propre action, à la destruction de l'épithélium Müllérien ([2]).

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Inversion totale du sexe chez* Xenopus lævis *Daud. à la suite d'un traitement gynogène par le benzoate d'œstradiol, administré pendant la vie larvaire.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Poursuivant l'analyse des actions des hormones sexuelles dans la différenciation du sexe chez les Amphibiens, nous avons éprouvé chez un Anoure inférieur, *Xenopus lævis* (famille des *Pipidæ*) le rôle du benzoate d'œstradiol.

Protocoles expérimentaux. — Deux séries sont considérées selon la concentration de l'hormone. Celle-ci est administrée en solution hydroalcoolique, ajoutée, pendant toute la vie larvaire, à l'eau des bacs d'élevages. L'eau et l'hormone sont renouvelées tous les 3 jours. La densité des élevages est établie, d'abord à raison de 10 têtards pour 1 l d'eau, puis de 5 têtards pour 1 l d'eau. Taille initiale des têtards : 15 mm. Durée moyenne de la vie larvaire : 3 mois. Les animaux sont sacrifiés, au plus tôt, un mois après la métamorphose, afin d'obtenir des gonades pleinement différenciées. Les dernières autopsies ont été faites à l'âge de 15 mois. Un prélèvement effectué dans un lot témoin élevé dans les mêmes conditions donne 5 ♀ ♀ : 6♂ ♂. Il s'agit d'une race différenciée à *sex-ratio* normale.

Série DK_1 : Concentration de l'hormone : 0,6 mg/1 l d'eau.

Série DK_2 : Concentration de l'hormone : 0,05 mg/1 l d'eau.

Pour chaque série, 48 têtards qui ont atteint ou dépassé la métamorphose ont été retenus. La mortalité, faible, fut comparable chez les témoins et les animaux en expérience.

Résultats. — Dans chacune des séries, 30 individus ont été autopsiés, le reste est actuellement encore en élevage. Dans la série DK_1, sur 30 Xenopes autopsiés, 29 étaient femelles, 1 était intersexué. Dans la série DK_2, les 30 animaux autopsiés étaient femelles. Les gonades sont des ovaires typiques, les canaux de Müller apparaissent normalement développés.

([2]) Peut-être ces cellules exerceraient-elles, sur l'épithélium Müllérien, une action mécanique et une action chimique cytotoxique.

Ces résultats traduisent une action gynogène décisive du benzoate d'œstradiol. A l'exception du seul intersexué, qui doit s'interpréter, semble-t-il, comme un mâle génétique incomplètement inversé, la féminisation a été totale et les observations faites à ce jour permettent de penser que les animaux seront physiologiquement fonctionnels. Les conditions permettant, par croisement et analyse de la descendance, d'établir la nature de l'homodigamétie du sexe paraissant réalisées, une partie des lots en expérience est maintenue en élevage en vue de procéder à ces croisements.

Le résultat obtenu confirme une indication fournie par Witschi et Allison (¹) dans une très brève communication. Il convient de remarquer qu'aucun effet de type paradoxal n'a été observé pour les deux concentrations très différentes utilisées. La réaction du Xenope au benzoate d'œstradiol est très comparable à celle que présentent les Urodèles (*Ambystoma*, *Pleurodeles*), à l'exception du fait que les canaux de Müller ont, chez le Xenope, un développement normal. On sait que le développement de ces canaux est inhibé chez les Urodèles à la suite d'un traitement larvaire gynogène.

BIOLOGIE. — *Mise en évidence d'une phytoagglutinine spécifique anti-*A_1 *chez le champignon* Clitocybe nebularis (Fr.) Quélet. Note (*) de Mlle **Andrée Tétry**, Mme **Éliane Sutton** et M. **Jean Moullec**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Étudiant une série de champignons récoltés aux environs de Paris, en vue de rechercher la présence d'agglutinines à l'égard des globules rouges humains, le *Clitocybe nebularis* a particulièrement retenu notre attention.

Technique. — De menus fragments découpés dans une petite partie du chapeau du *Clitocybe* sont placés dans de l'eau physiologique à 0,9 %. Après agitation, on laisse macérer pendant environ 36 h. Après centrifugation, on obtient un liquide clair, mais légèrement grisâtre.

Les tests d'agglutination ont été faits sur plaque d'opaline à la température du laboratoire, en mélangeant une goutte d'extrait de champignon et une goutte de chacun des échantillons de suspension globulaire à 2 % environ. La lecture était faite au bout de 10 mn.

L'extrait pur agglutine fortement les trois types de globules rouges humains, A, B, O. Les titrages donnent les résultats suivants avec les divers globules :

(¹) *Anat. Rec.*, 108, p. 590, abstracts, 1950.

(*) Séance du 30 novembre 1953.

Globules.	Extrait de Champignon. pur.	1/2.	1/4.	1/8.	1/16.	1/32.	1/64.
B............	++	+	(+)	—	—	—	—
A_2............	++	+	(+)	(+)	—	—	—
A_1............	+++	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	—	—
O............	+++	++	++	(+)	(+)	—	—

+++, agglutination très forte et rapide; ++, agglutination forte; +, agglutination moins forte; (+), agglutination douteuse; —, pas d'agglutination.

Tous les globules sont donc agglutinés, mais les agglutinations offrent des intensités variables. Le titre de l'agglutinine à l'égard des globules A est plus élevé que celui de l'agglutinine à l'égard des globules B, ce dernier étant le plus faible. Ce fait nous incita à réaliser une absorption de l'extrait de champignon par les globules B, à raison de dix gouttes d'extrait pour deux gouttes de culot globulaire. Le comportement de l'extrait absorbé vis-à-vis des divers globules est indiqué dans le tableau suivant :

Globules.	Extrait de Champignon absorbé par les globules B. Pur.	1/2.	1/4.	1/8.	1/16.	1/32.	1/64.
B..................	—	—	—	—	—	—	—
A_2..................	—	—	—	—	—	—	—
A_1..................	+++	++	+	—	—	—	—
O	—	—	—	—	—	—	—

L'absorption de l'extrait par des globules O donne des résultats identiques :

	Globules. A_1.	A_1.	A_2.	B.	B.	B.	O.	O.	O.
Extrait de Champignon . .	+++	++	—	—	—	—	[illegible]	—	—

L'absorption avec de la salive inactivée de sujets sécréteurs appartenant aux groupes B ou O donne les mêmes résultats. La salive de sécréteur du groupe A_1 absorbe tout, mais la salive de sujets non sécréteurs du groupe O n'absorbe rien.

Pour une lecture en tube, l'optimum semblerait être à 37° (la différence est très faible) et l'extrait réagit aussi bien à la température du laboratoire.

L'extrait de Champignon renferme donc une agglutinine spécifique anti-A_1 tout à fait nette. La spécificité de l'agglutinine a été vérifiée sur des séries de globules A et toujours il a été possible de distinguer les globules A_1 qui étaient agglutinés, des globules A_2 qui ne l'étaient pas. Des extraits de Champignon âgés de vingt jours, conservés à 4° possédaient encore l'agglutinine spécifique anti-A_1.

D'autres espèces de *Clitocybe* étudiées par Bernheimer et Farkas [1] n'agglutinent pas les globules rouges humains; comme chez les Angiospermes l'existence de phytoagglutinines spécifiques ou non spécifiques paraît être un caractère propre à une espèce déterminée et non au genre.

A notre connaissance c'est la première fois qu'une agglutinine spécifique est mise en évidence chez des Champignons Basidiomycètes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Essais d'hybridation entre deux formes rapportées jusqu'ici à l'espèce* Trigriopus fulvus *Fischer* (*Copepodes Harpacticoïdes*). Note de M. **Branko Božić**, présentée par M. Louis Fage.

Les essais de croisement entre la forme de Roscoff du Copépode *Tigriopus fulvus* et une « variété » morphologique *adriatica* rapportée jusqu'ici à la même espèce, ne permettent pas d'obtenir d'hybrides viables. La forme méditerranéenne doit donc être considérée comme une espèce, *Tigriopus adriatica*, distincte de *T. fulvus* et dont l'origine géographique est certaine.

Parmi les Copépodes Harpacticoïdes, l'espèce *Tigriopus fulvus*, telle qu'on la considère classiquement, constitue *a priori* l'un des matériels les plus favorables pour des recherches de systématique biologique. Cet Harpacticoïde est très fréquent et très abondant dans les cuvettes de la zone supérieure des marées; en raison de son adapatation à de grandes variations de salinité et de température, il peut être aisément cultivé au laboratoire.

En dehors de la forme type, définie, selon nous, par la description, soigneusement illustrée de G. O. Sars [1], trois « variétés » ont été décrites jusqu'à présent, en fonction du seul critère morphologique : *northumbriensis* en Angleterre (Mistakidis) [2], *adriatica* à Rovinj (Rovigno) (Van Douwe) [3], *algirica* à Alger (Monard) [4]. Nous résumons ici les résultats auxquels nous a conduits la comparaison de populations de *T. fulvus*, provenant de Roscoff et de Villefranche-sur-Mer.

La forme roscovite (R) correspond à l'espèce type de Sars; il est encore impossible de se prononcer sur la réalité des très minimes différences qu'elle présente avec la description classique. Les individus de Villefranche (V) appartiennent à la « variété » *adriatica* de *T. fulvus*, autant que permet

---

(1) *J. of Immunology*, **70**, 1953, p. 196.

(1) *An account of the Crustacea of Norway*, 5, Bergen, 1911.
(2) (*Dove Marine Laboratory Report*, 1949, n° **10**, p. 55).
(3) *Biol. Zentralblatt*, Leipzig, n° 33, 1913, p. 256.
(4) *Bull. Stat. d'Aquiculture et de Pêche de Castiglione*, 1937.

d'en juger la description un peu trop succincte de Van Douwe. Dans les élevages suivis depuis août 1952, tous les caractères distinctifs entre les populations R et V se sont révelés constants; leur étude détaillée fera l'objet d'un Mémoire ultérieur. Signalons simplement que les plus nets portent sur la taille, l'ornementation de l'article basal de l'antenne chez la ♀, la garniture sétigère des P 5 et de la furca.

Des essais d'hybridation ont été tentés entre les deux formes ; les résultats des croisements ♂ R × ♀ V et des croisements réciproques ♂ V × ♀ R sont différents, sans que nous ayons jamais pu obtenir d'hybrides viables.

La fécondation des femelles R par des mâles V est effective, mais les nauplii résultant de tels accouplements sont faibles et la mortalité est très élevée dès l'éclosion. Une fois seulement, nous pensons avoir obtenu quelques nauplii du stade II, sans que nous ayons pu nous en assurer de façon définitive, mais, dans tous les autres essais, le développement nauplien n'a pas dépassé le stade I. Dans toutes les expériences, tous les nauplii sont morts au bout de quelques jours.

Les croisements réciproques, ♀ V × ♂ R, n'aboutissent jamais à la production de nauplii. Malgré une attraction sexuelle normale exercée par les femelles V sur les mâles R, l'accolement des spermatophores ne se produit pas et la phase « *in copula* », qui normalement ne dépasse pas quelques jours, se prolonge et peut se poursuivre pendant plus de deux mois, c'est-à-dire pendant toute la période où la femelle pondra ses œufs non fécondés. Il se peut que la taille trop petite des femelles V inhibe, chez les mâles R, les réflexes nécessaires à l'accomplissement de l'acte final de l'appariement.

La forme type nordique de *Tigriopus fulvus* et la « variété » méditerranéenne *adriatica* rapportées jusqu'ici à la même espèce sont donc, de toute manière, suffisamment séparées actuellement, physiologiquement et génétiquement, pour que toute tentative d'hybridation, dans des conditions qui suppriment cependant l'isolement géographique naturel, soit vouée à l'échec. Il en résulte que, bien que les différences morphologiques entre les deux formes soient apparemment peu importantes et qu'une attraction sexuelle normale s'exerce entre elles, la « variété » *adriatica* doit être considérée comme une espèce, que nous appellerons *Tigriopus adriatica*, distincte de *T. fulvus*. L'origine de ces deux espèces, par isolement géographique dans deux pays de populations provenant d'une même forme ancestrale, ne saurait faire de doute.

Les rapports taxonomiques entre les autres « variétés » seront analysés ultérieurement.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriétés physiques de l'acide désoxyribonucléique traité par le chlorhydrate de choline.* Note de M. **Louis-René Rey**, transmise par M. Albert Policard.

Des solutions aqueuses de désoxyribonucléate de sodium pur et hautement polymérisé préparé à partir du thymus de veau sont traitées par de faibles quantités de chlorhydrate de choline. L'étude de leur viscosité et de leur biréfringence d'écoulement permet de conclure à une baisse des interactions électriques dans la solution et à un raccourcissement de la molécule.

Selon des schémas récents (1) la molécule d'acide désoxyribonucléique serait constituée par une double chaîne polynucléotide hélicoïdale qui fixerait, en solution, une certaine quantité d'eau périphérique (2). On peut concevoir une solution de désoxyribonucléate de sodium comme un liquide contenant des macromolécules ou agrégats macromoléculaires fortement assymétriques, soumis à de multiples interactions électriques et possèdant ainsi un caractère hautement structural. La viscosité anormalement élevée des solutions de désoxyribonucléate est une conséquence directe de leur rigidité.

Nous avons préparé (3) à partir du thymus de veau un acide désoxyribonucléique pur, exempt de protéines (test de Sakaguchi négatif) et hautement polymérisé. Les mesures de viscosité ont été effectuées au viscosimètre de Höppler. Dans une première série d'expériences nous avons suivi les variations en fonction du temps de la viscosité de solutions aqueuses de désoxyribonucléate de sodium traitées par de faibles quantités de chlorhydrate de choline (*figure*).

Dès l'addition du sel, on constate une baisse très importante de la viscosité qui se poursuit régulièrement pendant une dizaine de jours si l'expérience est conduite en conditions stériles pour éviter toute intervention bactérienne. On pourrait penser à une dépolymérisation du désoxyribonucléate de sodium mais nos expériences d'ultracentrifugation montrent que la constante de sédimentation ne varie pas. De même, les diagrammes de diffusion n'accusant pas de variations sensibles, cette hypothèse ne peut être retenue.

Le chlorhydrate de choline, par sa nature d'électrolyte, amène dans la solution un grand nombre d'ions. L'ion positif est un ion de grande taille, à symétrie centrale et par encombrement mécanique il disloque plus ou moins le réseau macromoléculaire. Ceci, joint à l'effet d'écran que sa charge positive provoque par apparition entre des charges négatives, réduit vraisemblablement encore plus la répulsion électrostatique. La cohésion de la solution s'en trouve fortement affectée et la viscosité baisse.

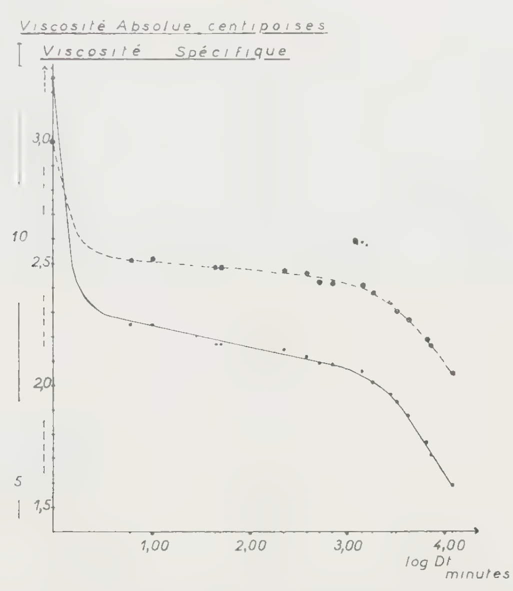
---

(1) J. D. Watson et F. H. C. Crick, *Nature*, **171**, 1953, p. 737.

(2) B. Jacobson, *Nature*, **172**, 1953, p. 666.

(3) J. M. Gulland, D. O. Jordan et C. J. Threlfall, *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 1129.

Il n'est pas impossible alors d'imaginer que la molécule de désoxyribonucléate, libérée de ses contraintes électriques, tende à évoluer vers une forme plus stable et se raccourcisse en réduisant son asymétrie. C'est pourquoi dans une deuxième série d'expériences nous avons étudié les variations de la biréfringence



Variation en fonction du temps de la viscosité d'une solution dans l'eau distillée à 0,250 % de désoxyribonucléate de sodium traitée par 0,002 M de chlorhydrate de choline à 40° C en conditions stériles. En *trait plein :* viscosité absolue en centipoises η; en *pointillé :* viscosité spécifique $\eta_{sp} = \mathrm{Log}_e(\eta/\eta_0)$, η_0 étant la viscosité du solvant (eau distillée).

d'écoulement des solutions de désoxyribonucléate de sodium sous l'action du chlorydrate de choline. Les solutions s'écoulent entre deux cylindres coaxiaux et le gradient de vitesse leur est appliqué par la rotation uniforme du cylindre central; on observe parallèlement à l'axe des cylindres et le changement de couleur d'une lame teinte sensible permet d'apprécier la valeur absolue du retard de la lumière transmise. Le tableau groupe les résultats de mesures effectuées sur une solution à 0,250 % de désoxyribonucléate de sodium dans l'eau distillée traitée par 0,002 M de chlorhydrate de choline à 40° C. L'addition du sel provoque une diminution importante de la biréfringence d'écoulement. Nous l'attribuons à un raccourcissement de la molécule.

Temps (m).	Retard (mμ).	Épaisseur de la solution (mm).	Biréfringence calculée.
0	180	25	$7,2.10^{-6}$
2	100	25	$4,0.10^{-6}$
4	60	25	$2,4.10^{-6}$
6	50	25	$2,0.10^{-6}$
8	50	25	$2,0.10^{-6}$
10	50	25	$2,0.10^{-6}$

Nous admettons que l'action du chlorhydrate de choline sur les solutions aqueuses de désoxyribonucléate de sodium entraîne une baisse des interactions électriques à l'intérieur de la solution. Il en résulte, peut-être par spiralisation, un raccourcissement de la molécule.

TOXICOLOGIE. — *Sur la toxicité de cultures d'*Alternaria tenuis *Auct. isolé à partir de grains de* Lolium temulentum *L.* Note de MM. **Jean Chaze, Louis Thieblot** et **Jean Lagarde**, présentée par M. Raoul Combes.

Les spores d'un *Alternaria* et des débris de grains d'Ivraie enivrante ayant été décelés dans les farines de Pont-Saint-Esprit, on a recherché la toxicité de ces formations et montré que les cultures pures d'*A. tenuis* issu de grains de *Lolium temulentum* effectuées sur des milieux amylacés acquièrent des propriétés toxiques et mortelles envers les souris.

L'examen micrographique des farines de Pont-Saint-Esprit a décelé la présence de nombreux microorganismes étrangers, entre autres des spores intactes d'*Alternaria* et des amas brunâtres semblant correspondre à l'enveloppe desdites spores après leur germination, des fragments de mycélium non identifiables, ainsi que des cellules caractéristiques du péricarpe de *Lolium temulentum* L. Par ailleurs, on a retrouvé sur les trémies de mouture des semences de la même Graminée toxique. Ces faits nous ont engagés à rechercher quel était le comportement du Champignon commensal de l'Ivraie énivrante isolé et cultivé sur des suspensions de farines (panifiables ou non) et sur d'autres substrats organiques stérilisés, et à éprouver ensuite la toxicité de tels milieux sur des souris.

Le Champignon a été isolé et cultivé suivant les techniques signalées antérieurement par l'un de nous (1). Dans aucun des milieux, il ne s'est formé de cristaux de Florence, caractéristiques de la choline, tels qu'ils apparaissent lors de la germination des graines de *Lolium temulentum* infestées (1). Nous avons ainsi obtenu un *Alternaria* déterminé spécifiquement par F. Mangenot comme étant *Alternaria tenuis Auct.* Cette espèce diffère de celles qui ont déjà été isolées : *Chætomium Kunseanum* (Günnewig), *Epichloæ typhina* (Mlle Sampson), mycélium stérile (Chaze), et présente les propriétés originales suivantes :

1° Exposés à l'air, les filtrats de certains milieux où l'*Alternaria* a végété pendant plus de 20 jours ne permettent pas le développement des germes bactériens et surtout fongiques de l'atmosphère. Ce comportement est à rapprocher de celui qu'ont signalé Darpoux et ses collaborateurs pour une souche d'*A. solani* (2).

---

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 840; **203**, 1936, p. 885; *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e série, 9, 1937, p. 43.

(2) *Annales des Épiphyties*, n° 4, 1952, p. 423.

2° Nous avons expérimenté, par voie buccale, sur 200 souris mâles environ, soit des filtrats de cultures, soit du mycélium lavé, soit un mélange de mycélium et de ses substrats. Nous avons seulement retenu comme signe caractéristique la mort de l'animal survenue du troisième au vingtième jour (il n'a pas été tenu compte des décès survenus au delà de cette période).

Parmi les 16 milieux utilisés, les décoctions de farine (25 à 600 °/₀₀) provoquent 86 % de décès, les grains de blé et le pain du commerce dit « complet », 100 %. Par contre, la mortalité est nulle pour les décoctions de carotte, gélosées ou non. Un certain nombre de milieux, tels la peptone, n'ont pas été pris en considération, bien que le pourcentage de décès puisse atteindre 80 %, ce pourcentage étant le même chez les témoins.

Chez les animaux décédés dans les conditions sus-indiquées, l'examen histologique montre un état congestif du foie, avec dilatation considérable des vaisseaux et présence de nombreux globules rouges. Les travées sont comprimées entre les capillaires dilatés. On observe de petits infiltrats lymphocytaires disséminés. De son côté, le rein accuse un aspect congestif, certains tubes contournés perdent leur lumière et ont une structure homogène. L'aspect des glomérules demeure normal.

L'un des animaux ayant succombé à une ingestion de farine à 25 °/₀₀, où le mycélium avait végété à une température de 4°, présente des lésions légèrement différentes : foie extrêmement altéré avec des microabcès par places, paroi des veines épaissies, travées hépatiques non reconnaissables. L'aspect cytologique évoque l'idée d'une dégénérescence amyloïde. Pour le rein, glomérules congestionnés, présence en un point de plusieurs abcès constitués par du tissu nécrosé et des polynucléaires à noyaux pycnotiques. Dans ce cas, les lésions témoignent donc d'une dégénérescence amyloïde, que la souris peut subir d'une manière très rare, spontanément ou sous l'influence de causes variées (toxiques ou infectieuses).

3° L'ingestion de milieux à toxicité mortelle (par exemple, la farine infectée) demeure sans effet (1 décès sur 31, soit 3 %) lorsque l'animal a résisté à un traitement antérieur n'ayant provoqué qu'une mortalité partielle ou nulle.

4° Au cours de nos recherches, nous avons pris connaissance des travaux de savants russes ([3]) signalant les accidents graves (« angine septique », « aleucie toxi-alimentaire », etc.) provoqués chez l'Homme et chez certains animaux (en particulier le Chat) par l'absorption, d'une part, de blé mis en silo pendant l'hiver et sur lequel *Fusarium sporotrichioides* avait végété spontanément, d'autre part, pour les animaux, de cultures pures de ce Champignon.

([3]) Traduction résumée dans *Revue de Mycologie*, 17, 1952, p. 179.

Nous nous sommes efforcés de créer des conditions analogues pour le développement d'*A. tenuis* : des grains de blé non stérilisés, légèrement humidifiés, ont été placés, après ensemencement d'*Alternaria*, en flacons hermétiquement clos, à une température moyenne de 4° pendant trois mois. L'expérimentation sur les souris ne permet pas de tirer des conclusions nettes et mériterait d'être reprise. Il y a tout lieu de croire que les conditions optimales du développement d'*A. tenuis* et de l'élaboration de la toxine n'étaient pas alors réalisées.

Conclusions. — Notre expérimentation démontre surtout qu'*A. tenuis* extrait des grains de *Lolium temulentum* et cultivé sur des milieux amylacés présente des propriétés mortelles envers les souris. L'existence de lésions constantes, hépatiques et rénales, vient à l'appui de cette toxicité. Mais il n'a pas été établi qu'un tel comportement soit commun aux diverses souches considérées comme saprophytes du sol ou parasites faibles des plantes.

PATHOLOGIE DES INSECTES. — *Au sujet de l'action de la température sur le développement d'une tumeur héréditaire chez la Drosophile* (Drosophila melanogaster *Meig.*). Note (*) de M. **Sabbas Ghelelovitch**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le traitement thermique supprime la formation de toutes les tumeurs qui auraient pu virtuellement se développer chez un individu, ou n'en supprime aucune. Son action ne s'exerce donc pas directement sur les tumeurs mais indirectement, par l'intermédiaire de l'organisme.

J'ai signalé dans une Note antérieure (1) que le séjour des larves pendant 24 h à 30° C suffisait pour inhiber la formation des tumeurs chez une partie des individus. Dans ce travail je n'ai considéré le caractère « tumeur » que du point de vue qualitatif, les individus n'étant classés qu'en deux catégories : avec ou sans tumeurs. Mais ce caractère peut être envisagé aussi du point de vue quantitatif, selon le nombre des tumeurs développées. Cette dernière façon d'envisager le phénomène permet de pousser plus loin l'analyse de son déterminisme.

En effet, l'absence des tumeurs chez une partie des individus ayant subi l'action du chauffage peut être due à deux mécanismes différents : soit que le chauffage agisse à l'échelle de la *tumeur*, en diminuant d'une même manière sa probabilité de formation chez tous les individus et augmentant, par conséquent, la probabilité pour qu'un individu n'en forme aucune; soit que le chauffage agisse à l'échelle de l'*individu* en inhibant la formation de

(*) Séance du 30 novembre 1953.

(1) *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1445.

toutes les tumeurs susceptibles de se développer chez un individu donné, sans influencer en quoi que ce soit le développement des tumeurs chez d'autres.

Pour répondre à cette question, j'ai fait une étude statistique de la distribution des tumeurs chez les témoins et chez les mouches issues des larves chauffées. Il en est ressorti que le chauffage, tout en supprimant la formation des tumeurs chez une partie des mouches, ne modifie pas le nombre moyen de tumeurs développées chez d'autres ayant apparemment échappé à son action.

Cette constatation n'exclut pourtant pas, *a priori*, la possibilité de toute action du chauffage à l'échelle de la tumeur. En effet, j'ai pu montrer que le nombre de tumeurs qu'on observe chez une mouche doit, du fait de l'existence d'une certaine interaction inhibitrice, être inférieur au nombre de tumeurs initialement formées ([2]). Ce phénomène peut masquer l'effet de la température, si ce dernier s'exerce aux stades initiaux de la tumorigénèse. Une diminution du nombre des tumeurs initiales peut, en supprimant ou en diminuant leur interaction, ne pas se répercuter en apparence sur le nombre des tumeurs formées définitivement.

Cependant, cette possibilité est exclue, d'une part, par le fait que la distribution statistique des individus d'après le nombre des tumeurs qu'ils présentent est sensiblement la même pour les lots témoins et pour les lots expérimentaux et, d'autre part, parce que le nombre d'individus sans tumeurs peut dépasser significativement le nombre théorique trouvé pour la classe 0 de la série de Poisson, calculé d'après les données de l'expérience. Or, ces faits sont incompatibles avec l'hypothèse envisagée. En particulier, dans le cas où l'action du chauffage s'exercerait directement sur la tumeur, le nombre d'individus sans tumeurs aurait pu être *au plus* égal à la classe 0 de la série de Poisson.

Lot.	Classe 0 de la série de Poisson.	Répartition des mouches d'après le nombre de tumeurs présenté. 0.	1.	2.	> 2.	Nombre total d'individus.	Nombre moyen de tumeurs par mouche. Lot entier.	Ayant au moins une tumeur.	Distribution des mouches avec tumeurs χ_2.	Degrés de liberté.
cl tu témoins.....	61,6	59	63	41	15	178	1,07 ± 0,07	1,61 ± 0,07	3,08	2
cl tu chauffés.....	206,3	235	50	18	11	314	0,42 ± 0,04	1,54 ± 0,09		
F₁ de ♀ *cl tu* × ♂ *tu vg bw* :										
♀♀ témoins...	16,2	2	37	30	6	75	1,53 ± 0,07	1,58 ± 0,08	2,71	2
♀♀ chauffées...	70,8	76	44	20	7	147	0,73 ± 0,08	1,51 ± 0,09		
F₁ de ♀ *tu vg bw* × ♂ *cl tu* :										
témoins.......	48,6	16	102	69	18	205	1,44 ± 0,05	1,57 ± 0,05	0,05	1
chauffés.......	95,0	102	8	4	2	116	0,20 ± 0,05	1,64 ± 0,25		

([2]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2279.

Il faut donc conclure que le chauffage supprime toutes les tumeurs qui auraient pu virtuellement se développer chez un individu, ou bien n'en supprime aucune. L'action de la température, par conséquent, ne se fait pas sentir directement sur la tumeur; c'est une action indirecte qui s'exerce par l'intermédiaire de l'organisme de la larve.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement de sérums humains vis-à-vis des antigènes rickettsiens du groupe boutonneux pourpré et des antigènes du groupe de la psittacose.* Note de MM. **Paul Giroud**, **Paul Le Gac**, **Francis Roger** et M[lle] **Nicole Dartois**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous montrons que très souvent des sérums réagissant vis-à-vis de l'antigène boutonneux pourpré, mais qui ne proviennent pas de boutonneuse classique avec escarre, réagissent aussi à l'antigène de la psittacose. Il s'agit soit de sujets ayant présenté des formes exanthématiques pures, soit des hyperthermies sans autres symptômes, soit des syndromes pulmonaires, soit des syndromes méningés.

Au cours de nos prospections africaines nous avions été frappés par les affections survenant en pleine savane ou aux limites de la forêt. Dans un cas, il y avait toutes les possibilités de contamination par des rickettsies, comme nous l'avons montré, ces sujets étant généralement des chasseurs de rongeurs ou de gros gibiers sur lesquels les parasites sont innombrables. Dans l'autre, il s'agissait de travailleurs de la forêt ne chassant que des singes et c'est dans la forêt, où les parasites sont rares, que les perroquets viennent se percher pour la nuit. Tous ces malades réagissaient spectaculairement à l'auréomycine ou à la chloromycétine. Il s'agissait donc d'affections relevant d'agents pathogènes sensibles à ces antibiotiques. Aussi avons-nous été amenés à comparer les résultats obtenus pour ces sérums avec les antigènes du groupe boutonneux-pourpré et l'antigène de la psittacose qui répond, non seulement aux affections transmises par des perroquets et divers oiseaux, mais aussi à des affections humaines, en particulier, pulmonaires, ganglionnaires et aussi à des affections du bétail.

Antigènes utilisés. — Les antigènes boutonneux pourprés étaient utilisés soit suivant notre technique de micro-agglutination, soit en fixation du complément. Ils avaient été produits soit en culture pulmonaire, soit sur œuf avec une souche provenant d'un cas typique de fièvre boutonneuse avec éruption et tache noire (souche Y 9 de notre nomenclature), provenant d'Afrique du Nord et que nous devons à Paul Durand.

Les antigènes de référence provenaient du laboratoire de Montana et avaient été fabriqués par D. B. Lackmann. Ils représentaient non seulement l'antigène de la fièvre boutonneuse mais celui de la fièvre pourprée, de la fièvre maculeuse, de la fièvre du Nord du Queensland, de la fièvre par piqûres de tiques d'Afrique du Sud.

L'antigène type psittacose était représenté par un antigène œuf de H. R. Cox et qui correspond à l'antigène psittacose-lymphogranulomatose et par un antigène personnel produit par culture pulmonaire avec la souche Larufa, souche argentine provenant de perroquet et qui nous fut remise par B. Badudieri de Rome.

Résultats. — De premiers essais nous avaient montré que les boutonneuses classiques avec exanthème et tache noire provenant soit d'Afrique du Nord, soit du littoral méditerranéen, ne réagissaient pas à l'antigène psittacose mais que, par contre, certains sérums, mais non tous, provenant des régions les plus diverses, réagissaient sur les deux antigènes; comme si la culture d'un antigène non typique permettait sur l'homme, dans certaines conditions, la production d'anticorps plus étendus, permettant de rapprocher des antigènes jusqu'à présent séparés.

On sait du reste que certains auteurs, dont Coles, ont toujours rangé l'agent de la psittacose parmi les rickettsies, opinion qui est aussi la nôtre et que le premier nom qui lui a été donné par Lillie fut celui de R. psittaci.

Voici maintenant les résultats sérologiques que nous avons obtenus avec ces divers antigènes sur des sérums provenant d'Afrique ou de France et se rapportant soit à des fièvres boutonneuses typiques, soit à des syndromes exanthématiques, soit à des syndromes méningés, soit à des syndromes pulmonaires, soit à des hyperthermies simples.

Dans 4 cas de fièvre boutonneuse classique avec escarre, 4 sérums réagissent à l'antigène boutonneux pourpré, aucun ne réagit à l'antigène psittacose.

Dans 2 cas de fièvre exanthématique sans escarre, 2 sérums réagissent à l'antigène boutonneux et 2 à l'antigène de la psittacose.

Dans 9 syndromes méningés, 8 réagissent à l'antigène boutonneux et 5 à l'antigène de la psittacose.

Dans 11 syndromes pulmonaires aigus, 10 réagissent à l'antigène boutonneux et 5 à l'antigène de la psittacose.

Sur 6 hyperthermies sans autres symptômes 4 étaient positifs sur l'antigène boutonneux et 4 sur l'antigène de la psittacose.

Ces constatations posent une question importante. Existe-t-il un antigène commun entre ces deux groupes si proches et cependant éloignés maintenant mais qui peuvent se rencontrer aussi bien chez l'Homme que chez les animaux?

La séance est levée à 16 h 10 m.

L. B.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 19 octobre 1953.)

Note présentée le même jour, de MM. *Léon Binet, Maurice V. Strumza* et Mme *Inès Wesley*, Variations de la résistance à l'anoxie chez l'animal éveillé :

Page 859, 2e ligne du titre, *au lieu de* Inès Vesley, *lire* Inès Wesley.

Note présentée le 12 octobre 1953, de M. *Nicolas A. Popov* et Mme *Catherine Popov*. Contribution à l'étude des fonctions corticales chez l'Homme, par la méthode des réflexes conditionnés électrocorticaux. Action de l'alcool sur les images consécutives et leur conditionnement. I. :

Page 930, 4e ligne du titre, *au lieu de* Mlle Catherine Popov, *lire* Mme Catherine Popov.

Note présentée le 12 octobre 1953, de MM. *Jacques Charrier* et *Denis Papée*, Étude par analyse thermique différentielle et au microscope des produits de décomposition des hydrates d'alumine :

Page 898, 7e ligne en remontant, *au lieu de* Clarck, *lire* Clark.

» » note de bas de page (2), *au lieu de : Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. 424, *lire : Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1366.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novemrre 1953.

Théorie des fonctions aléatoires, par André Blanc-Lapierre, et Robert Fortet. Préfacc de G. Darmois. Paris, Masson, 1953; 1 vol. 24,5 cm (présenté par M. Émile Borel).

Congrès géologique international. XIX[e] session. Alger, 1952. Série : *Maroc*. N° 1. Livret-guide de l'excursion C39. *Gisements miniers du sud marocain* (*Minéralogie et Métallogénie*), par G. Jouravsky et F. Permingeat. N° 2. *Gisements miniers du nord marocain* (*Géologie et Métallogénie*), par J. Agard et J. Bouladon. N° 3. Livret-guide des excursions A 37 et C 37. Pétrographie du Maroc, par E. Raguin. N° 4. Livret-guide de l'excursion A 34. *Haut-Atlas central*, par G. Dubar. N[os] 5 et 6. Livret-guide des excursions générales A 30 et C. G. *Géologie du Maroc*. Fasc. 1 : *Oudja à Marrakech*, par Paul Fallot, avec la collaboration de P. Lévêque et B. Owodenko, des Géologues de la Société chérifienne des pétroles et du Service géologique du Maroc. Fasc. 2. *Marrakech à Rabat*, par Paul Fallot, avec la collaboration de M. Gigout et des géologues du Service géologique du Maroc. N[os] 7, 8 et 9. Livret-guide des excursions A 31 et C 31. *Maroc septentrional* (*chaîne du Rif*). Partie A. *Généralités et partie orientale de la chaîne*, par Paul Fallot, J. de Lizaur, J. Marçais et G. Suter, avec la collaboration de E. Stretta. Partie B. *Partie occidentale de la zone du protectorat français*, par R. G. Lévy et R. Tilloy. Partie C. *Partie occidentale de la zone du protectorat espagnol*, par Paul Fallot et A. Marin. N° 10. Livret-guide de l'excursion A 36. *Anti-Atlas occidental*, par G. Choubert, avec la collaboration de H. Hollard. N° 11. Livret-guide de l'excursion C. 36. *Anti-Atlas central et oriental*, par G. Choubert, L. Clariond et J. Hindermeyer. N[os] 12 et 13. Livret-guide de l'excursion C 33. *Haut-Atlas et Anti-Atlas occidentaux*. Fasc. 1 : *Généralités*, par R. Ambroggi et L. Neltner, avec la collaboration de G. Choubert, pour l'Anti-Atlas et M. Gigout, pour la Meseta. Fasc. 2. *Description de l'itinéraire*, par R. Ambroggi et L. Neltner, avec la collaboration de R. Bourgin et G. Choubert pour l'Anti-Atlas, M. Gigout pour la Meseta. N° 14. Livret-guide des excursions A 38 et C 38. *Hydrogéologie et géologie appliquée aux grands travaux*, par A. Robaux, avec la collaboration de P. Lévêque et des géologues du Centre des études hydrogéologiques. N° 15. Livret-guide de l'excursion C 40. *Géomorphologie du Maroc* (*Étude de quelques aspects régionaux*), par J. Dresch, F. Joly et P. Raynal. Rabat, 1952; 15 fasc. 21,5 cm.

Observatoire de Paris. *Atlas de profils lunaires*, par Th. Weiner, Paris, 1952. Ouvrage publié avec le concours du Centre national de la recherche scientifique. Paris, 1951; 1 fasc. 76 cm (présenté par M. A. Danjon).

The Catalogue of Kyushu University. Fukuska, 1952; 1 fasc. 21 cm.

Physiology of mycorrhizal relations in Plants, by Elias Melin. Reprinted from *Annual Review of Plant physiology*. Vol. IV. Uppsala, 1953; 1 fasc. 22 cm.

Transfer of Radioactive phosphorus to Pine Seedlings by Means of mycorrhizal Hyphæ, by Elias Melin et Harald Nilsson. Reprinted from *Physiologia Plantarum*. Vol. III, 1950; 1 fasc. 23 cm.

Transport of labelled nitrogen from an ammonium source to Pine seedlings through mycorrhizal mycelium, by Elias Melin et Harald Nilsson. Reprinted from *Svensk Botanisk Tidskrift*. Bd 46, H. 3-4, 1952; 1 fasc. 23,5 cm.

Transfer of Labelled nitrogen from glutamic acid to Pine Seedlings through the mycellium of Boletus variegatus (Sw) Fr., by Elias Melin et Harald Nilsson. Uppsala University, 1953; 1 épreuve photographique 19,5 cm.

Gouvernement général de l'Afrique équatoriale française. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de 1/500000e. Levés effectués de 1947 à 1950. *Notices explicatives sur les feuilles Berbérati-Ouest* et *Berbérati-Est*, par G. et J. Gérard. Paris, Imprimerie nationale, 1953; 2 fasc. 24 cm.

Les conquêtes de la pensée scientifique, par G. Cahen, in *Les heures scientifiques*. Paris, Dunod, 1953; 1 vol. 21,5 cm.

Cours de physique industrielle, par Adrien Mondiéz. T. I. *Écoulement des fluides à travers les orifices, tuyères et conduites, cheminées, ventilateurs, appareils à jet, transmission de la chaleur*. Préface de Joseph Pérès, deuxième édition, revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 25 cm.

Encyclopédie entomologique. XXVII. *Catalogue illustré des lucanides du globe*, par Robert Didier et Eugène Séguy. *Texte*. Paris, Paul Lechevalier, 1953; 1 vol. 25 cm (présenté par M. P.-P. Grassé).

Id. — *Atlas*. Paris, Paul Lechevalier, 1953; 1 vol. 27 cm (présenté par M. P.-P. Grassé).

Résistance des matériaux théorique et expérimental, par Robert L'Hermite. T. I. *Théorie de l'élasticité et des structures élastiques*. Paris, Dunod, 1954; 1 vol. 24,5 cm.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte. Série A. N° 172 : *La recherche scientifique en mathématiques*, par Paul Montel. N° 173 : *La réponse de l'effecteur laryngien aux impulsions neuro-endocrino-végétatives dans le chant*, par Raoul Husson. N° 175 : *Les administrateurs, les techniciens et les savants*, par Charles Platrier. N° 178 : *La tâche des sciences humaines en Afrique noire*, par H. Deschamps. N° 179 : *Quelques aspects actuels du problème général du bruit*, par P. Chavasse. N° 180 : *L'Univers est-il en expansion ?*, par Paul Couderc. N° 181 : *La lumière des météores*, par Étienne Vassy. Série D. N° 16 : *De Descartes à Newton par l'école anglaise*, par René Dugas. N° 20 : *Les édifices hospitaliers à travers les âges*, par Ernest Wickersheimer. N° 21 : *La naissance de la cristallographie*, par R. Hooykaas. 10 fasc. 18 cm.

(*A suivre.*)

